

Interconnector and electronic device element with the interconnector

Patent Number: ☐ US5430616
Publication date: 1995-07-04
Inventor(s): KATSU TOMOJI (JP); SHIMADA KEIJI (JP); YOSHIOKA HIDEKI (JP)
Applicant(s): SHARP KK (JP)
Requested Patent: ☐ DE4330282
Application Number: US19930113687 19930831
Priority Number(s): JP19920239711 19920908; JP19920270045 19921008; JP19920292707 19921030
IPC Classification: H05K7/02
EC Classification: H01L31/05
Equivalents:

Abstract

An interconnector includes a first connecting portion connected to a front surface electrode of a solar cell, a second connecting portion connected to a rear surface electrode of another solar cell connected in serial direction, and a stress relief portion formed between the first connecting portion and the second connecting portion for absorbing displacement. The width of the first connecting portion in the parallel direction is made smaller than the width of the stress relief portion in the parallel direction. By this structure, the width of the front surface electrode of the solar cell can be reduced, the effective light receiving area of the solar cell can be increased, and therefore the efficiency in generating power can be improved.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 43 30 282 A 1

⑤ Int. Cl. 5:
H01 L 31/05

⑳ Aktenzeichen: P 43 30 282.3
㉔ Anmeldetag: 7. 9. 93
㉕ Offenlegungstag: 10. 3. 94

DE 43 30 282 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
08.09.92 JP P 4-239711 08.10.92 JP P 4-270045
30.10.92 JP P 4-292707

⑦① Anmelder:
Sharp K.K., Osaka, JP

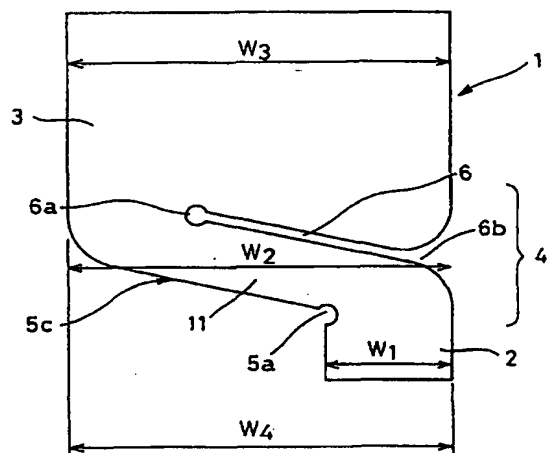
⑦④ Vertreter:
ter Meer, N., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Müller, F.,
Dipl.-Ing., 81679 München; Steinmeister, H.,
Dipl.-Ing.; Wiebusch, M., Pat.-Anwälte, 33617
Bielefeld

⑦② Erfinder:
Katsu, Tomoji, Nara, JP; Shimada, Keiji, Nara, JP;
Yoshioka, Hideki, Nara, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Elektrischer Verbinder und damit ausgerüstete elektronische Baugruppe

⑤⑦ Ein Verbinder weist folgendes auf: einen ersten Verbindungsabschnitt (2), der mit einer Vorderseitenelektrode einer Solarzelle verbindbar ist; einen zweiten Anschlußabschnitt (3), der mit einer Rückseitenelektrode einer anderen Solarzelle, die in serieller Richtung neben der ersten Solarzelle liegt, verbindbar ist; und einen Spannungsabbauabschnitt (4), der zwischen dem ersten Anschlußabschnitt (2) und dem zweiten Anschlußabschnitt (3) ausgebildet ist, um Verschiebungen aufzufangen. Die Breite des ersten Verbindungsabschnitts (2) in paralleler Richtung ist kleiner als die Breite des Spannungsabbauabschnitts (4) in paralleler Richtung. Durch diese Struktur kann die Breite der Vorderseitenelektrode der Solarzelle verringert werden, wodurch sich die wirksame Lichtempfangsfläche der Solarzelle erhöht, was den Leistungswirkungsgrad verbessert.



DE 43 30 282 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 94 308 070/701

27/39

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Verbinder zum elektrischen Verbinden elektrischer Bauelemente in serieller oder paralleler Richtung, und sie betrifft eine elektronische Baugruppe, die einen solchen Verbinder verwendet. Spezieller betrifft die Erfindung die Verbesserung eines planaren Verbinders, wie er z. B. bei Solarzellen für künstliche Satelliten oder bei Dioden verwendet wird, und sie betrifft elektronische Baugruppen wie Solarzellenanordnungen und Diodenanordnungen, die einen solchen Verbinder verwenden.

Verbinder in Form von Metallstreifen zum elektrischen Verbinden mehrerer elektrischer Bauelemente in serieller oder paralleler Richtung werden grob in dreidimensionale und planare unterteilt, abhängig davon, ob ein Spannungsabbauabschnitt, bei dem es sich um einen Abschnitt zum Auffangen einer zwischen miteinander verbundenen Elementen erzeugten Verschiebung handelt, dreidimensionale oder planare Form aufweist. Beispielhaft wird für einen planaren Verbinder, auf den die Erfindung gerichtet ist, unter Bezugnahme auf Solarzellen beschrieben, die an einem künstlichen Satelliten angebracht sind.

Fig. 13 zeigt einen planaren Verbinder für an einem künstlichen Satelliten angebrachte Solarzellen. Der in Fig. 13 dargestellte Verbinder 1 ist mit einem Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2, der mit einer Vorderseitenelektrode einer Solarzelle verbunden ist, und einem Rückseitenelektroden-Anschlußabschnitt 3 versehen, der mit einer Rückseitenelektrode einer anderen Solarzelle verbunden ist, die in serieller Richtung benachbart zur ersten Solarzelle steht. In einem Bereich zwischen dem Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 und dem Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3 ist ein Spannungsabbauabschnitt 4 vorhanden, um eine Verschiebung aufzufangen, wie sie zwischen dem Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 und dem Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3 erzeugt wird.

Der Spannungsabbauabschnitt 4 weist zwei ungefähr parallele Schlitz 5 und 6 zum Auffangen einer Verschiebung auf. Die Schlitz 5 und 6 weisen geschlossene Enden 5a und 6a mit näherungsweise kreisförmigen Kerben auf, deren Durchmesser größer als die Breite des Schlitzes ist. Außerdem sind offene Enden 5b und 6b vorhanden.

Die Breite des Spannungsabbauabschnitts 4 in Parallelrichtung (linke und rechte Richtung in Fig. 13), d. h. der Abstand W2 zwischen dem linken und dem rechten Ende, ist dieselbe wie die Breite W1 des Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitts 2 in paralleler Richtung, wie auch die Breite W3 des Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitts 3 in paralleler Richtung. Wenn der größte Breitenwert in paralleler Richtung des Verbinders 1 insgesamt mit W4 bezeichnet wird, sind die Breiten W1, W2, W3 und W4 beim Verbinder 1 gemäß diesem Beispiel aus dem Stand der Technik alle dieselben.

Ein herkömmlicher Verbinder für Solarzellen wie der vorstehend beschriebene ist z. B. in den japanischen Patentoffenlegungen Nr. 1-1 98 082 und 4-2 84 677 beschrieben.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 14A und 14B wird ein Solarpaddel für einen künstlichen Satelliten beschrieben, wie es im Stand der Technik üblicherweise unter Verwendung des vorstehend beschriebenen herkömmlichen Verbinders 1 verwendet wird. Bei dem in den Fig. 14A und 14B dargestellten Solarpaddel ist der Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3 des Verbinders 1 mit der Rückseitenelektrode einer Solarzelle 7 verbunden, und er haftet auf einem Substrat 9 mit Hilfe eines Klebers 8. Der Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 ist mit der Vorderseitenelektrode einer Solarzelle 10 verbunden, die in serieller Richtung neben der Solarzelle 7 liegt, d. h. in Längsrichtung von Fig. 14A, und die Solarzelle 10 haftet ebenfalls durch den Kleber 8 auf dem Substrat 9.

Wenn das Solarpaddel in einer Umgebung wie im Weltraum verwendet wird, wo sich die Temperatur in einem breiten Bereich von z. B. etwa -180°C bis etwa $+100^{\circ}\text{C}$ ändert, ändert sich der Abstand zwischen dem Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3 und dem Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 des Verbinders 1, der die Solarzellen 8 und 10 verbindet, wegen des Unterschieds der thermischen Eigenschaften (z. B. des thermischen Expansionskoeffizienten) der Solarzellen 7 und 10, des Substrates 9, des Verbinders 1 bzw. des Klebers 8.

Die Abstandsänderung wird im Spannungsabbauabschnitt 4 durch eine Änderung der Breite der Schlitz 5, 6 aufgefangen, wobei Spannungen abgebaut werden.

Fig. 15 ist eine Draufsicht, die mehrere Solarzellen zeigt, die nicht nur in serieller, sondern auch in paralleler Richtung verbunden sind. In diesem Fall werden zusätzlich zu den Verbindern 1 für serielle Verbindung Verbinder 12 zum Anschließen der Rückseitenelektroden der Solarzellen in paralleler Richtung verwendet.

Fig. 16 ist eine Draufsicht auf ein anderes Beispiel von Solarzellen, die sowohl in serieller als auch paralleler Richtung miteinander verbunden sind, und zwar auf ähnliche Weise wie in Fig. 15 dargestellt. Was die Art der Verbindung in paralleler Richtung der Solarzellen im Beispiel von Fig. 16 betrifft, wird die Verbindung sowohl in serieller als auch paralleler Richtung durch einen Verbinder 13 bewerkstelligt. Da der Verbinder 13 einen Anschlußabschnitt 13A für parallele Verbindung aufweist, der sich in paralleler Richtung erstreckt, ist die Breite desselben insgesamt größer als beim Verbinder 1, der nur für seriellen Anschluß verwendet wird.

Die herkömmlichen, vorstehend beschriebenen Verbinder 1, 12 und 13 weisen die folgenden Nachteile auf.

Beim herkömmlichen Verbinder 1 für serielle Verbindung, wie in Fig. 13 dargestellt, ist die Breite W1 des Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitts 2 dieselbe wie die Breite W4 des gesamten Verbinders 1, wie auch die Breite W2 des Spannungsabbauabschnitts 4, und daher muß die Breite der Vorderseitenelektrode einer über den Verbinder 1 angeschlossenen Solarzelle eine Breite aufweisen, die zumindest größer als die Breite W1 des Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitts 2 ist, d. h. größer als die Breite W4 des gesamten Verbinders 1.

Demgemäß nimmt die Vorderseitenelektrode der Solarzelle eine große Fläche der Lichtempfangsfläche der Solarzelle ein, was dieselbe gegenüber der Gesamtfläche der Solarzelle verringert, d. h. den Anteil der Fläche verringert, die die Funktion zum wirksamen Umwandeln des empfangenen Lichts in elektrischer Leistung aufweist. Dies verhindert eine Verbesserung des Leistungswirkungsgrads der Solarzellen.

Wenn in serieller Richtung unter Verwendung des Verbinders 1 verbundene Solarzellen in paralleler Richtung zu verbinden sind, wie in Fig. 15 dargestellt, sind getrennte Verbinder 12 für den parallelen Anschluß erforderlich. Dies erhöht die Anzahl von Teilen, die das Solarpaddel bilden, was die Kosten für den Zusammenbau erhöht.

Ferner nimmt, wenn Solarzellen sowohl in serieller als auch paralleler Richtung durch einen Verbinder 13 zu verbinden sind, wie in Fig. 16 dargestellt, die Breite des Verbinders 13 insgesamt weiter zu, da er einen Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 13a für Parallelverbindung und einen Spannungsabbauabschnitt 13b zum Auffangen der in paralleler Richtung erzeugten Verschiebung aufweist, weswegen die Handhabung des Verbinders mühselig ist. Ferner eignet sich der Verbinder 13 nicht zum Verbinden von Solarzellen nur in serieller Richtung, da der Anschlußabschnitt für Parallelverbindung ein Hindernis darstellt.

Eine herkömmliche Baugruppe mit dünnen Elektroden und Verbindern zur Verwendung im Weltraum, wobei die Verbinder im wesentlichen dieselbe Form wie der vorstehend beschriebene herkömmliche Verbinder 1 aufweisen, wird nun beschrieben. Fig. 17A ist eine Draufsicht und Fig. 17B ist ein Querschnitt für eine solche Baugruppe. Der Einfachheit halber sind eine Reflektionsplatte 39 und ein Isolierfilm 35, wie sie in Fig. 17B dargestellt sind, in Fig. 17A weggelassen.

Gemäß den Fig. 17A und 17B wird ein Halbleitersubstrat 31 als Substrat für eine Diode 42 verwendet. Das Halbleitersubstrat 31 ist ein p- oder n-Silizium-Einkristall mit einer Seitenlänge von etwa 1 bis etwa 10 cm und einer Dicke von etwa 0,1 bis 0,5 mm. Durch Ausbilden einer Diffusionsschicht 32 mit einem Leitungstyp, der demjenigen der Fremdstoffe des Substrats entgegengesetzt ist, wird ein pn-Übergang 33 gebildet, der als Diode arbeitet. Die Oberfläche des Substrats wird durch einen Oxidfilm 34 abgedeckt, der seinerseits durch einen Isolierfilm 35 abgedeckt wird. Eine Öffnung 34a wird im Oxidfilm 34 angebracht, in der Metall zum Ausbilden einer Elektrode 36 abgeschieden wird. Durch Abscheiden von Metall auf der Rückseite des Substrats wird eine andere Elektrode 37 ausgebildet. Ein Ende des Verbinders 1 wird durch Schweißen mit der Elektrode 36 verbunden.

An der Oberfläche des herkömmlichen Diodenelements ist eine Reflektionsplatte 39 (eine Aluminiumplatte, ein Spiegel oder dergleichen) durch einen Kleber 40 befestigt, um die Abstrahlung in den Raum zu verbessern und um den Eintritt von Sonnenlicht in das Halbleitersubstrat zu verhindern, um einen Leckstrom in Sperrrichtung der Diode zu verhindern, wie er durch einen photoelektrischen Strom verursacht wird. Das Halbleitersubstrat 31 und der Verbinder 1 sind voneinander durch den Oxidfilm 34, den Isolierfilm 35 und den Kleber 40 isoliert. Ein Mesaabschnitt 41 kann durch Mesaätzen der Oberfläche ausgebildet sein, um den Abstand zwischen dem Halbleitersubstrat 31 und dem Verbinder 1 zu erhöhen. Die Isolierung zwischen dem Verbinder 1 und dem Halbleitersubstrat 31 ist unverzichtbar, und wenn diese Isolierung fehlschlägt, verliert die Diode ihre Funktion.

Die Form des Verbinders 1 gemäß Fig. 17A unterscheidet sich von derjenigen des in Fig. 13 dargestellten Verbinders 1 nur dahingehend, daß der Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 länger ist. An den inneren Enden der Schlitze 5 und 6 sind nahezu kreisförmige Kerben 5a und 6a vorhanden, um eine Spannungskonzentration zu verhindern. Ein Anschlußteil 52 an einem Ende des Verbinders 1 ist mit der Elektrode 36 der Diode 42 verbunden. Der Anschlußabschnitt 3 am anderen Ende des Verbinders 1 ist mit einer Elektrode einer benachbarten Diode oder Solarzelle verbunden.

Was den Verbinder 1 zum Verbinden bekannter, vorstehend beschriebener Dioden betrifft, muß, da die Breite des Verbinders 1 an beiden Enden gleichmäßig groß ist, auch die dort anzuschließende Elektrode jeweils breit sein.

Gemäß Fig. 17B werden das Halbleitersubstrat 31 und der Verbinder 1 voneinander durch den Oxidfilm 34, den Isolierfilm 35 und den Kleber 40 isoliert. Wenn Wasserdampf oder Fremdstoffe wie z. B. sehr kleine Staubteilchen zwischen das Halbleitersubstrat 31 und den Verbinder 1 z. B. im Seitenflächenabschnitt eindringen, kann der pn-Übergang der Diode 42 möglicherweise kurzgeschlossen werden. Da die Elektrode 36 und der Verbinder 1 gegen die Reflektionsplatte 39 lediglich durch den Kleber 40 isoliert sind, besteht auch die Möglichkeit eines durch einen Fremdstoff verursachten Kurzschlusses zwischen dem Halbleitersubstrat 31 und der Isolierplatte 39, wenn die Isolierung nicht ausreichend ist.

Wenn eine Diode in Form einer dünnen Platte hergestellt wird, ist es, da es erforderlich ist, den durch Mesaätzen ausgebildeten Mesaabschnitt breiter auszubilden als die Breite des Verbinders, schwierig, ein Halbleitersubstrat 31 mit ausreichender Festigkeit zu schaffen, was zum Problem des Brechens während des Herstellungsprozesses führt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Verbinder zum Verbinden elektronischer Bauelemente miteinander anzugeben, der auf den Bauelementen wenig Platz beansprucht und der Verschiebungen zwischen den Elementen mit gutem Spannungsabbau auffangen kann. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Baugruppe mit einem solchen Verbinder anzugeben.

Die Erfindung ist für den Verbinder durch die Lehre von Anspruch 1 und für die Baugruppe durch die Lehre von Anspruch 15 gegeben.

Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung, wie sie in Anspruch 12 angegeben ist, verfügt über drei Anschlußbereiche, wodurch es möglich ist, Anschlüsse nicht nur in serieller oder paralleler Richtung, sondern auch in beiden Richtungen herzustellen.

Durch den erfindungsgemäßen Verbinder kann die Fläche der Vorderseitenelektrode eines elektronischen Bauelements kleiner als beim Stand der Technik ausgebildet werden, da der mit der Vorderseitenelektrode des Bauelements verbundene erste Anschlußabschnitt kleiner ausgebildet ist als die Breite des Spannungsabbauabschnitts in paralleler Richtung. Demgemäß kann, wenn das elektronische Bauelement z. B. eine Solarzelle ist, die von der Vorderseitenelektrode innerhalb der gesamten Lichtempfangsfläche eingenommene Fläche kleiner ausgebildet werden, weswegen die wirksame Lichtempfangsfläche erhöht werden kann, wodurch der Leistungswirkungsgrad der Solarzelle verbessert werden kann.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist der Spannungsabbauabschnitt einen elastischen, schmalen

Abschnitt auf, der sich mit einem vorgegebenen Neigungswinkel zur Parallelrichtung von der Nähe einer Seite aus erstreckt, die sich an den ersten Anschlußabschnitt anschließt, bis in die Nähe der anderen Seite, die sich an den zweiten Anschlußabschnitt anschließt.

Die Breite des ersten Anschlußabschnitts in Parallelrichtung kann ungefähr auf denselben Wert eingestellt werden wie die Breite des elastischen, schmalen Abschnitts in Parallelrichtung an der Grenzfläche zum Flächenanschlußabschnitt.

Bei einem noch bevorzugteren Ausführungsbeispiel der Erfindung weist mindestens eines der sich in Längsrichtung des elastischen, schmalen Abschnitts erstreckenden Enden einen Schlitz auf, der sich entlang des elastischen, schmalen Abschnitts erstreckt und ein offenes Ende an einer Seite des Spannungsabbauabschnitts aufweist.

Es ist eine Kerbe mit im wesentlichen kreisförmiger Öffnung vorhanden, mit einem Durchmesser, der größer ist als die Breite des Schlitzes an einem Ende, das dem offenen Ende des Schlitzes entgegengesetzt ist.

Wie bereits erwähnt, gibt Anspruch 12 eine besonders vorteilhafte Weiterbildung mit drei Anschlußbereichen an. Außerdem ist ein zweiter Spannungsabbauabschnitt vorhanden, um die Verschiebung elektronischer Bauelemente aufzufangen, die in paralleler Richtung angeschlossen sind. Demgegenüber fängt der erste Spannungsabbauabschnitt Verschiebungen zwischen Bauelementen auf, die in serieller Richtung über den Verbinder verbunden sind. Damit weist der Verbinder die Funktion zum Herstellen von Verbindungen sowohl in serieller als auch paralleler Richtung unter Auffangen von Verschiebungen auf. Da die Breite in paralleler Richtung des Bereichs des zweiten Anschlußabschnitts zuzüglich des dritten Anschlußabschnitts ungefähr dieselbe ist wie die Breite des ersten Spannungsabbauabschnitts, unterscheidet sich die Breite in paralleler Richtung des Verbinders insgesamt nicht von der Breite in paralleler Richtung des Verbinders, der nur zum Verbinden elektronischer Bauelemente in serieller Richtung verwendet wird. Daher besteht selbst dann, wenn ein solcher Verbinder nur zum Herstellen einer seriellen Verbindung verwendet wird, kein Problem dahingehend, daß zusätzliche Fläche in paralleler Richtung eingenommen wird, und es bestehen keine Handhabungsschwierigkeiten.

Zu elektronischen Baugruppen, bei denen der erfindungsgemäße Verbinder verwendet wird, gehören Solarzellenanordnungen für künstliche Satelliten, Dioden, die am selben Paddel wie Solarzellen angebracht sind, usw. Die Verbindung zwischen der Vorderseitenelektrode und der Rückseitenelektrode der elektronischen Bauelemente sowie den Anschlußabschnitten des Verbinders wird z. B. durch Verschweißen mit parallelem Spalt oder durch Ultraschallschweißen hergestellt. Die Verbindung kann auch durch ein Verfahren bewerkstelligt werden, das ein Metall mit niedrigem Schmelzpunkt verwendet wie ein Lötverfahren.

Die vorstehenden und andere Aufgaben, Merkmale, Erscheinungsformen und Vorteile der Erfindung gehen aus der folgenden detaillierten Beschreibung derselben in Verbindung mit den beigelegten Zeichnungen hervor.

Fig. 1 zeigt einen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 2A zeigt das Ergebnis einer Spannungsuntersuchung in Form eines Spannungsverlaufs, wie mit einer Methode finiter Elemente erhalten, und zwar für den in Fig. 1 dargestellten Verbinder gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Verbindung; und Fig. 2B zeigt vergrößert die Umgebung einer Kerbe 5a in Fig. 2A.

Fig. 3A bis 3C zeigen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem zweiten, dritten bzw. vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 4A und 4B zeigen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem fünften bzw. sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 5A, 5B und 5C zeigen drei Variationen eines Verbinders zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung, während die Fig. 5D und 5E Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem achten bzw. neunten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigen.

Fig. 6 zeigt ein Beispiel einer Solarzelle, die den Verbinder gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet.

Fig. 7A ist eine Draufsicht, die detailliert die Umgebung der Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitts zeigt, in dem der Verbinder 1 mit der in Fig. 6 dargestellten Solarzelle verbunden ist; und Fig. 7B ist ein Querschnitt entlang der Linie VII-B-VII-B in Fig. 7A.

Fig. 8 zeigt ein anderes Beispiel einer Solarzelle, die einen Verbinder gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet.

Fig. 9 zeigt ein Beispiel einer Diode mit einem Verbinder gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 10 zeigt einen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 11 zeigt mehrere in paralleler und serieller Richtung miteinander durch Verbinder gemäß dem zehnten Ausführungsbeispiel, wie es in Fig. 10 dargestellt ist, verbundene Solarzellen.

Fig. 12A und 12B zeigen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem elften bzw. zwölften Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 13 zeigt einen herkömmlichen Verbinder, wie er nur zum Verbinden von Solarzellen in serieller Richtung verwendet wird.

Fig. 14A ist eine Draufsicht, die das Verbinden von Solarzellen durch den in Fig. 13 dargestellten herkömmlichen Verbinder zeigt; und Fig. 14B ist eine Seitenansicht der in Fig. 14A dargestellten Solarzelle von links.

Fig. 15 ist eine Draufsicht, die eine Verbindung von Solarzellen in serieller und paralleler Richtung unter Verwendung des in Fig. 13 dargestellten herkömmlichen Verbinders und eines herkömmlichen Verbinders für Parallelverbindung zeigt.

Fig. 16 ist eine Draufsicht, die Solarzellen zeigt, die in serieller und paralleler Richtung dadurch miteinander verbunden sind, daß zusätzlich zu herkömmlichen Verbindern für nur serielle Verbindung die herkömmlichen

Verbinder 13 sowohl für serielle als auch parallele Verbindungen verwendet sind.

Fig. 17A ist eine Draufsicht, die eine Diode mit einem Verbinder zeigt, der eine ähnliche Form wie der in Fig. 13 dargestellte herkömmliche Verbinder aufweist; und Fig. 17B ist ein Querschnitt hierzu.

Fig. 18A zeigt das Ergebnis einer Spannungsanalyse in Form eines Spannungsverlaufs, wie mit einem Verfahren finiter Elemente erhalten, und zwar für die Spannung, wie sie im in Fig. 13 dargestellten herkömmlichen Verbinder entsteht; und Fig. 18B zeigt vergrößert die Umgebung der Kerbe 5A in Fig. 18A.

Fig. 19 ist eine Draufsicht, die Verbindungen von Solarzellen in serieller und paralleler Richtung unter Verwendung des zwölften Ausführungsbeispiels der Erfindung zeigt, wie es in Fig. 12B dargestellt ist.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben.

Fig. 1 zeigt einen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. In Fig. 1 sind solche Abschnitte, die mit solchen des in Fig. 13 dargestellten herkömmlichen Verbinders übereinstimmen oder diesen entsprechen, mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

Der in Fig. 1 dargestellte Verbinder 1 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel beinhaltet einen Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2, der an eine Vorderseitenelektrode einer Solarzelle angeschlossen wird, und einen Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3, der an die Rückseitenelektrode einer anderen Solarzelle angeschlossen wird, die in serieller Richtung neben der ersten Solarzelle liegt. Im Bereich zwischen dem Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 und dem Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3 ist ein Spannungsabbauabschnitt 4 vorhanden, der dazu dient, Verschiebungen aufzufangen, wie sie zwischen dem Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 und dem Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3 erzeugt werden.

Ein Verbindungssteg 11, bei dem es sich um einen elastischen, schmalen Abschnitt zum Auffangen von Verschiebungen handelt, erstreckt sich im Spannungsabbauabschnitt 4 mit einem vorgegebenen Neigungswinkel zur Parallelverbindungsrichtung, d. h. zur Richtung nach links bzw. rechts in Fig. 1. Das obere Ende des Verbindungsstegs 11 bildet einen Schlitz 6, und am linken Ende des Schlitzes 6 ist eine im wesentlichen kreisförmige Kerbe 6a vorhanden, deren Durchmesser größer ist als die Breite des Schlitzes 6. Das rechte Ende des Schlitzes 6 bildet ein offenes Ende 6b. Am unteren Ende 5c des Verbindungsstegs 11 ist kein Schlitz ausgebildet. Der Abstand zwischen dem rechten Ende des Spannungsabbauabschnitts und der Mitte der im wesentlichen kreisförmigen Kerbe 5a, die an einer entsprechenden Stelle wie die ungefähr kreisförmige Kerbe 5a am geschlossenen Ende des unteren Schlitzes 5 des in Fig. 13 dargestellten herkömmlichen Verbinders angebracht ist, entspricht der Breite W1 des Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitts 2.

Im Vergleich zum herkömmlichen, in Fig. 13 dargestellten Verbinder, bei dem die Breite W4 des Spannungsabbauabschnitts 4 ungefähr dieselbe ist wie die Breite W1 des Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitts 2, ist beim Verbinder des vorliegenden Ausführungsbeispiels der untere Abschnitt des Schlitzes 5 des in Fig. 13 dargestellten Verbinders entfernt. Demgemäß ist die Breite W1 des Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitts 2 des Verbinders 1 des vorliegenden Ausführungsbeispiels deutlich gegenüber der Maximalbreite W4 des gesamten Verbinders 1 verringert.

Obwohl die Kerben 5a und 6a bei diesem Ausführungsbeispiel ungefähr kreisförmig sind, können sie auch Mehreckform aufweisen.

Durch eine solche Struktur kann die Vorderfläche der Vorderseitenelektrode der Solarzelle, an der der Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 befestigt wird, relativ klein ausgebildet werden. Demgemäß kann der Anteil der Fläche der Solarzelle, die effektiv Licht empfängt, erhöht werden. Was die Breite des mit der Rückseitenelektrode der Solarzelle verbundenen Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitts 3 betrifft, so ist diese Breite W3 ungefähr dieselbe wie die Maximalbreite W4 des gesamten Verbinders 1, wie auch die Breite W2 des Spannungsabschnitts 4, da bei diesem Ausführungsbeispiel dieser Abschnitt nicht mit der Lichtempfangsfläche der Solarzelle verbunden ist.

Nun wird unter Vergleich der Fig. 18A und 18B mit den Fig. 2A und 2B erläutert, wie der in Fig. 1 dargestellte Verbinder geschaffen wurde. Die Fig. 18A und 18B zeigen Analyseergebnisse, die durch Simulation der Spannungen erhalten wurden, wie sie im herkömmlichen Verbinder 1 gemäß Fig. 13 zum Verbinden von Solarzellen erhalten wurden, während die Fig. 2A und 2B entsprechende Analyseergebnisse unter Verwendung des in Fig. 1 dargestellten erfindungsgemäßen Verbinders 1 zeigen.

Um die oben beschriebenen Schwierigkeiten beim herkömmlichen Verbinder zu umgehen, führten die Erfinder zunächst eine Spannungsuntersuchung des Verbinders 1 mit der herkömmlichen, in Fig. 13 dargestellten Form aus. Die Fig. 18A und 18B sind Spannungsverläufe, die die Analyseergebnisse gemäß einem Verfahren finiter Elemente für die Spannungsverteilung zeigen, wenn das obere und untere Ende des in Fig. 13 dargestellten Verbinders so gezogen werden, daß der Verbinder in serieller Richtung um 1 mm gestreckt wird, d. h. nach oben bzw. unten in Fig. 18A. Aus dem Spannungsverlauf ist erkennbar, daß sich die Spannungserzeugung in der Nähe der ungefähr kreisförmigen Kerben 5a und 6a der geschlossenen Enden der Schlitzes 5 und 6 konzentriert.

Demgemäß stellt sich als Ergebnis dieser Analyse heraus, daß die Verschiebung hauptsächlich durch die Änderung der Breite der Schlitzes 5 und 6 aufgefangen wird und sich die Spannungserzeugung in der Nähe der Kerben 5a und 6a konzentriert. Ferner kamen die Erfinder im Ergebnis der Analyse zu dem Schluß, daß selbst dann, wenn ein Bereich oder beide unmittelbar unterhalb des Schlitzes 5 sowie der Bereich unmittelbar über dem Schlitz 6 des in Fig. 13 dargestellten herkömmlichen Verbinders 1 entfernt werden, keine Schwierigkeit betreffend die Funktion des Auffangens von Verschiebungen auftreten sollte.

Die Fig. 2A und 2B zeigen die Analyseergebnisse für den erfindungsgemäßen Verbinder 1, wobei die Darstellungen denjenigen der Fig. 18A bzw. 18B entsprechen. Wie es aus den Analyseergebnissen erkennbar ist, ist die in der Umgebung der Kerbe 5A erzeugte Spannung selbst dann, wenn der Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 im Bereich unmittelbar unter dem unteren Ende 5c des Verbindungsstegs 11 wie beim vorliegenden Ausführungsbeispiel entfernt ist, beinahe dieselbe wie bei dem in den Fig. 18A und 18B dargestellten Beispiel aus dem Stand der Technik.

Die Erfinder führten eine ähnliche Analyse für einen in Fig. 1 dargestellt n Verbinder 1 aus, wobei jedoch der Abschnitt unmittelbar unter dem Schlitz 6 vollständig entfernt war, wobei das Ergebnis ungefähr dasselbe wie oben war. Aus den vorstehend beschriebenen Analyseergebnissen kamen die Erfinder zu dem Schluß, daß die Funktion des Auffangens einer Verschiebung praktisch selbst dann nicht beeinflußt wird, wenn der Abschnitt unmittelbar unter dem Schlitz 5 und der Abschnitt unmittelbar über dem Schlitz 6 beim in Fig. 13 dargestellten herkömmlichen Verbinder vollständig entfernt werden.

Im folgenden werden Verbinder beschrieben, die verschiedene Formen aufweisen, wie sie gemäß den vorstehend beschriebenen Analyseergebnissen möglich sind.

Fig. 3A zeigt einen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Im Vergleich zu dem in Fig. 1 dargestellten Verbinder 1 des ersten Ausführungsbeispiels ist beim Verbinder 1 dieses Ausführungsbeispiels der Anteil des entfernten Abschnitts unter dem Schlitz 5 verringert, und die Breite W1 des Vorderseiteelektrode-Anschlußabschnitts 2 ist größer ausgebildet als der Abstand W5 zwischen der Mitte der Kerbe 5a und dem rechten Ende.

Fig. 3B zeigt einen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Beim Verbinder 1 dieses Ausführungsbeispiels ist der Anteil des entfernten Abschnitts unter dem Schlitz 5 erhöht, so daß W1 kleiner als W5 ist, im Vergleich mit dem Verbinder 1 des in Fig. 3A dargestellten zweiten Ausführungsbeispiels.

Fig. 3C zeigt einen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Grundsätzlich ist der Verbinder 1 dieses Ausführungsbeispiels in seiner Form dem Verbinder 1 des in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiels ähnlich. Der Verbinder 1 dieses Ausführungsbeispiels unterscheidet sich von demjenigen in Fig. 1 dahingehend, daß die Breite W5 erhöht ist, so daß die Breite des Verbindungsstegs 11 erhöht ist, der den Spannungsabbauabschnitt 4 bildet. Da W1 und W5 miteinander übereinstimmen, ist auch die Breite W1 im Vergleich zu derjenigen beim Ausführungsbeispiel von Fig. 1 erhöht.

Fig. 4A zeigt einen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung. Der Verbinder 1 dieses Ausführungsbeispiels entspricht dem Verbinder 1 des in Fig. 3B dargestellten dritten Ausführungsbeispiels, wobei jedoch der Abschnitt unmittelbar unter dem Schlitz 5 entfernt ist.

Fig. 4B zeigt einen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Beim Verbinder 1 dieses Ausführungsbeispiels ist der obere rechte Abschnitt des Rückseiteelektrode-Anschlußabschnitts 3 des Verbinders 1 gemäß dem in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel entfernt, so daß die Breite W3 des Rückseiteelektrode-Anschlußabschnitts 3 verringert ist.

Die Fig. 5A, 5B und 5C zeigen drei Variationen eines Verbinders zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Der Verbinder 1 dieses Ausführungsbeispiels stimmt mit den Verbindern 1 des in den Fig. 1 bzw. 3C dargestellten ersten bzw. vierten Ausführungsbeispiels dahingehend überein, daß die Breite W1 des Vorderseiteelektrode-Anschlußabschnitts 2 mit der Breite W5 übereinstimmt. Ferner ist beim Verbinder 1 des vorliegenden Ausführungsbeispiels der Abschnitt unmittelbar über dem Schlitz 6 des Verbinders in Fig. 1 vollständig entfernt, so daß die Breite W3 des Rückseiteelektrode-Anschlußabschnitts 3 mit dem Abstand W6 zwischen der Mitte der Kerbe 6a und dem linken Ende übereinstimmt. Bei den drei in den Fig. 5A bis 5C dargestellten Variationen ändert sich die Beziehung zwischen W1 und W3, d. h. die Beziehung in der Größe von W5 und W6 relativ, wodurch die Breite des Verbindungsstegs 11 geändert wird.

Die Fig. 5D und 5E zeigen Verbinder zum Verbinden von Solarzellen gemäß einem achten bzw. neunten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Beim Verbinder 1 des in Fig. 5D dargestellten achten Ausführungsbeispiels sind die Breiten W5 und W6 weiter gegenüber denjenigen beim Verbinder 1 des in Fig. 5A dargestellten siebten Ausführungsbeispiels verringert, um die Breite des Verbindungsstegs 11 weiter zu verringern, und die Breite W1 ist größer als die Breite W5 ausgebildet. Der Verbinder 1 des in Fig. 5E dargestellten neunten Ausführungsbeispiels unterscheidet sich vom Verbinder 1 des in Fig. 5D dargestellten achten Ausführungsbeispiels dadurch, daß W1 kleiner als W5 ist.

Die Verbinder 1 gemäß den vorstehend beschriebenen ersten bis neunten Ausführungsbeispielen werden nun allgemein miteinander verglichen. Zunächst ist beim Verbinder 1 gemäß dem in Fig. 3A dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel der Abschnitt direkt unmittelbar unterhalb des Schlitzes 5 des Bereichs des Spannungsabbauabschnitts 4 für die Funktion des Auffangens von Verschiebungen überflüssig, und wenn die Handhabungseinfachheit für Solarzellen mitberücksichtigt wird, ist dieser Abschnitt ziemlich nachteilig. Der Verbinder ohne diesen Abschnitt entspricht den Verbindern 1 gemäß dem ersten und fünften Ausführungsbeispiel, wie sie in den Fig. 1 bzw. 4A dargestellt sind. Daher können die Verbinder 1 des ersten und fünften Ausführungsbeispiels als Verbesserungen des Verbinders 1 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiels angesehen werden. Beim Verbinder 1 gemäß dem in Fig. 3B dargestellten dritten Ausführungsbeispiel ist auch der Bereich unmittelbar unter dem Schlitz 5 überflüssig, und in bezug auf diesen Punkt ist das in Fig. 4A dargestellte fünfte Ausführungsbeispiel eine Verbesserung gegenüber dem dritten Ausführungsbeispiel.

Der Verbinder 1 gemäß dem in Fig. 3C dargestellten Ausführungsbeispiel weist eine erhöhte Breite des Verbindungsstegs 11 auf. Jedoch ist die Fähigkeit des Auffangens von Verschiebungen im Vergleich zu derjenigen des ersten Ausführungsbeispiels verringert. Wenn das in Fig. 1 dargestellte erste Ausführungsbeispiel mit dem in Fig. 4A dargestellten fünften Ausführungsbeispiel verglichen wird, ist das erste Ausführungsbeispiel hinsichtlich der Verbindungsfestigkeit im Verbindungsabschnitt zwischen dem Verbinder 1 und einer Solarzelle überlegen. Beim Verbinder 1 gemäß dem in Fig. 4B dargestellten sechsten Ausführungsbeispiel ist der Bereich unmittelbar über dem Schlitz 5 im Bereich des Spannungsabbauabschnitts 4 nicht erforderlich und in bezug auf die Funktion nachteilig. Ein Verbinder, bei dem dieser Abschnitt entfernt ist, entspricht dem Verbinder 1 der in Fig. 5A dargestellten ersten Variante des siebten Ausführungsbeispiels. Wenn die drei Varianten des in den Fig. 5A bis 5C dargestellten Verbinders 1 gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel miteinander verglichen werden, ist die in Fig. 5A dargestellte hinsichtlich des Spannungsabbauvermögens überlegen, wenn die Breite

des Verbindungsstegs 11 verglichen wird.

Der Verbinder 1 gemäß dem in Fig. 5D dargestellten achten Ausführungsbeispiel, bei dem die Breite W1 des Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitts 2 verringert ist, entspricht der in Fig. 5A dargestellten ersten Variante des Verbinders 1 gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel oder dem in Fig. 5E dargestellten Verbinder gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel. Wenn die Fig. 5A und 5E miteinander verglichen werden, kann der Verbinder 1 gemäß Fig. 5A, der eine relativ große Breite W1 aufweist, vom Gesichtspunkt der Verbindungsfestigkeit im Verbindungsabschnitt zwischen dem Verbinder 1 und einer Solarzelle als überlegen angesehen werden. Wenn die Fig. 1 und 5A verglichen werden, kann der in Fig. 1 dargestellte Verbinder als bevorzugt angesehen werden, wenn gute Handhabbarkeit beim Herstellen einer Verbindung zur Rückseitenelektrode einer Solarzelle berücksichtigt wird, während der Verbinder 1 von Fig. 5A hinsichtlich des Gesamtgewichts bevorzugt ist. In Anbetracht des vorstehend Ausgeführten sind unter den Verbindern des ersten bis neunten Ausführungsbeispiels der Verbinder 1 des in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiels und der in Fig. 5A dargestellte Verbinder der ersten Variante des siebten Ausführungsbeispiels die bevorzugtesten.

Es wird nun ein Beispiel einer Solarzelle beschrieben, die einen erfindungsgemäßen Verbinder verwendet. Fig. 6 zeigt den Verbinder 1 gemäß dem in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel in Verbindung mit Solarzellen 7. Gemäß Fig. 6 ist die Breite W1 des mit einer Solarzelle 7 verbundenen Abschnitts der Verbinders 1 etwa gleich groß ausgebildet wie die Breite W5 zwischen der Mitte der Krümmung des Kreises der Kerbe 5a und der gegenüberliegenden Seite oder kleiner. Hierbei kann die Breite W1 des Anschlußabschnitts zwischen dem Verbinder 1 und der Solarzelle 7 ungefähr gleich groß ausgebildet sein wie die Breite WC des Verbindungsstegs 11 im Spannungsabbaubereich 4 oder größer. Jedoch wird W1 gleich groß wie W5 oder kleiner ausgebildet. Die Breite W6 des Verbindungsstegs 11 wird so bestimmt, daß sie einen erforderlichen Widerstandswert aufweist, abhängig von der Stromstärke der Solarzelle 7.

Die Fig. 7A und 7B sind eine Draufsicht auf die in Fig. 6 dargestellte Solarzelle 7 bzw. eine Seitenansicht, wobei Einzelheiten der Struktur dargestellt sind. Fig. 7B ist dabei ein Querschnitt entlang der Linie VIIB-VIIIB in Fig. 7A. Gemäß den Fig. 7A und 7B ist der Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 des Verbinders 1 mit einem Elektroden-Kontaktfleck 63a einer Oberflächenelektrode 63 der Solarzelle 7 verbunden.

Die in den Fig. 7A und 7B dargestellte Solarzelle 7 wird im allgemeinen auf die folgende Weise hergestellt. Durch thermisches Eindiffundieren von n-Fremdstoffen in die Oberfläche eines p-Siliziumsubstrats mit einer Dicke von etwa 50 bis etwa 200 μm wird ein n^+ -Bereich 62 gebildet, und durch thermisches Eindiffundieren von p-Fremdstoffen in die Rückseite wird ein p^+ -Bereich 65 über die gesamte Oberfläche gebildet. Eine Vorderseitenelektrode 63 und eine Rückseitenelektrode 66 mit Kammform zum Transportieren der erzeugten Energie sind auf dem n^+ -Bereich 62 an der Vorderseite bzw. auf dem p^+ -Bereich 65 an der Rückseite ausgebildet. Die Lichtempfangsfläche, auf der die Oberflächenelektrode 63 ausgebildet ist, ist durch einen Reflektionsverhinderungsfilm 64 abgedeckt, um Oberflächenreflektion einfallenden Lichts zu verhindern. An den Oberflächenelektrode-Kontaktflächenabschnitt 63a ist ein Verbinder 1 zum Entnehmen von Leistung geschweißt, und ferner ist eine Glasplatte 68 über ein zwischengefügtes Harz 69 mit der Oberfläche der Solarzelle 7 verbunden. Der Verbinder 1 wird dazu verwendet, Solarzellen miteinander zu verbinden und um ein Solarzellenmodul zusammenzubauen. Das Solarzellenmodul mit mehreren zusammengebauten Solarzellen 7 ist grundsätzlich im wesentlichen dasselbe wie das in den Fig. 14A, 14B und 15 dargestellte herkömmliche.

Da jedoch bei den in den Fig. 7A und 7B dargestellten Solarzellen die Breite W1 des Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitts 2 des Verbinders 1 kleiner ausgebildet ist, ist die Fläche der Vorderseitenelektrode der Solarzelle 7 kleiner. Demgemäß ist die wirksame Lichtempfangsfläche der Solarzelle 7 relativ gesehen größer, was den Wirkungsgrad der Solarzelle 7 beim Umwandeln von Energie erhöht.

Nun wird ein Ausführungsbeispiel für den verbesserten Wirkungsgrad der Energieumsetzung einer Silizium-BSFR-Solarzelle einer Länge von 2 cm, einer Breite von 4 cm und einer Dicke von 50 μm beschrieben, mit der zusammen der Verbinder 1 des in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung verwendet wird. Herkömmlicherweise betrug die Breite W1 des Vorderseitenelektroden-Anschlußabschnitts 2 ungefähr 8 mm. Demgegenüber kann beim Verbinder des ersten Ausführungsbeispiels die Breite auf 2,7 mm verringert werden. Demgemäß kann nicht nur der Kurzschlußstrom, sondern auch die unbelastete Spannung erhöht werden. Die maximale Ausgangsleistung wurde im Vergleich zum Beispiel mit dem herkömmlichen Verbinder um 4,6 mW erhöht, was zu einer Leistung von 159,4 mW führte. Dies bedeutet eine Erhöhung von etwa 3% bezogen auf die Ausgangsleistung einer herkömmlichen Solarzelle. Diese Werte sind Meßwerte bei 135,5 mW/cm², 28°C, unter Verwendung eines Solarsimulators AMO.

Um die Verbindungsfestigkeit für Solarzellen zu untersuchen, die mit einem Verbinder gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung verbunden sind, wurde ein Zugfestigkeitstest unter 45° für drei Solarzellen vom BSR-Typ mit 200 μm ($2 \times 2 \text{ cm}^2$) mit einer Größe von $2,7 \times 0,85 \text{ mm}^2$ ausgeführt, nachdem ein Verbinder gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel an jede der drei Solarzellen angeschlossen worden war. Die Ergebnisse sind in der untenstehenden Tabelle 1 dargestellt.

Wie es aus Tabelle 1 erkennbar ist, betrug der Minimalwert für die Zugfestigkeit der drei Solarzellen 816 g, was der Vorgabe für die Zugfestigkeit für eine herkömmliche Solarzelle genügt, d. h. mindestens 500 g. Anders gesagt, stellte sich heraus, daß die Verbindungsfestigkeit bei der Erfindung so gut war wie bei einem herkömmlichen Verbinder.

Tabelle 1

5	Zelle Nr.	Zugfestigkeit (g)	Zerstörungsart
	1	816	Zelle zerstört
10	2	952	Zelle zerstört
	3	1120	Verbinder abgetrennt
15	Mittelwert	963	-

20 Wie oben beschrieben, kann mit einer einen erfindungsgemäßen Verbinder verwendenden Solarzelle der Leistungswirkungsgrad deutlich erhöht werden, jedoch unter Beibehaltung der Zugfestigkeit auf einem Wert, bei dem keine Schwierigkeiten auftreten. Daher ist der durch die Erfindung geschaffene Effekt von Bedeutung, wenn es in der Zukunft beim Versuch des Verbesserns des Wirkungsgrades von Solarzellen darum geht, die pro Fläche erzeugte Leistung weiter zu erhöhen.

25 Nun wird eine einen erfindungsgemäßen Verbinder verwendende Diodenanordnung beschrieben. Fig. 9 ist eine Draufsicht, die ein Beispiel einer Diode mit Verbinder zeigt, wobei der Verbinder 1 des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung verwendet ist. Der Querschnitt ist weggelassen, da es derselbe wie bei Fig. 17B ist. Die Diode mit Verbinder, wie sie in Fig. 9 dargestellt ist, unterscheidet sich von dem in den Fig. 17A und 17B dargestellten Beispiel aus dem Stand der Technik dahingehend, daß die Größe der Elektrode 36 der Diode und die Form des Verbinders 1 anders sind als bisher. Im Vergleich mit der herkömmlichen Struktur sind die Größe des Anschlußteils 52 des Verbinders 1 und die Fläche des freiliegenden Teils der Elektrode 36 verringert. Die Breite W1 des Anschlußteils 52 des Verbinders 1, das mit der Elektrode 36 der Diode 42 verbunden ist, ist kleiner als die Breite W3 des Anschlußabschnitts 3 zwischen benachbarten Dioden. Im Anschlußabschnitt 3 ist ein Schlitz 6 vorhanden, und ein diagonaler Verbindungssteg 11 ist ausgebildet. Links von der Grenzfläche zwischen dem Verbindungssteg 11 und dem Verbindungsteil 52 ist eine ungefähr kreisförmige Kerbe 5a vorhanden. Der Schlitz 6 und der Verbindungssteg 11 bilden einen Spannungsabbauabschnitt 4. Was die Beziehung zwischen dem Abstand W5 zwischen der Mitte der Krümmung der ungefähr kreisförmigen Kerbe 5a und dem rechten Ende des Spannungsabbauabschnitts 4 sowie der Breite W1 des Verbindungsteils 52 betrifft, ist bei dem in Fig. 9 dargestellten Beispiel W1 ungefähr gleich groß wie W5. Jedoch kann W1 kleiner als W5 ausgebildet werden.

40 Die Breite des Verbindungsstegs 11 entspricht ungefähr der Breite W5, welche Breite abhängig von der Nennstromstärke der Diode bestimmt wird.

Durch Computersimulation wurde bestätigt, daß kein deutlicher Unterschied betreffend die Position für die Spannungs-konzentration und den Spannungswert zwischen dem Verbinder mit der Form von Fig. 9 und dem herkömmlichen Verbinder mit der Form von Fig. 13 besteht.

45 Es wird nun ein Verbinder für Solarzellen gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Der Verbinder dieses Ausführungsbeispiels wird dazu verwendet, mehrere Solarzellen sowohl in serieller als auch paralleler Richtung zu verbinden. Gemäß Fig. 10 weist der Verbinder 1 zum Verbinden von Solarzellen folgendes auf: einen Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2, der mit einer Vorderseitenelektrode einer ersten Solarzelle verbunden ist; einen Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3, der mit einer Rückseitenelektrode einer zweiten Solarzelle verbunden ist, die in serieller Richtung benachbart zur ersten Solarzelle liegt; einen anderen Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 103, der mit einer Rückseitenelektrode einer dritten Solarzelle verbunden ist, die in paralleler Richtung benachbart zur zweiten Solarzelle liegt; einen Spannungsabbauabschnitt zwischen dem Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 und dem Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3; und einen Spannungsabbauabschnitt 104 zwischen dem Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3 und dem Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 103. Die Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitte 3 und 103 wie auch der Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 weisen vorzugsweise Gitterstruktur auf.

55 Der erste Spannungsabbauabschnitt 4 weist eine ebene Struktur auf, und auf der Seite des Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitts 3 des ersten Spannungsabbauabschnitts 4 ist ein Schlitz 6 ausgebildet. Der zweite Spannungsabbauabschnitt 104 weist ebenfalls eine ebene Struktur auf, und ein Schlitz 106 ist zwischen den Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitten 3 und 103 so ausgebildet, daß er sich in einer Richtung erstreckt, die die Richtung der Erstreckung des Schlitzes 6 z. B. rechtwinklig schneidet.

60 Die Breite W4 des gesamten Verbinders 1 mit den Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitten 3 und 103 ist dieselbe wie die Breite des ersten Spannungsabbauabschnitts 4. Der Abstand zwischen der Mitte einer Kerbe 6a am geschlossenen Ende des Schlitzes 6 und dem linken Ende des Verbinders 1 sowie der Abstand zwischen der Mitte einer ungefähr kreisförmigen Kerbe 5a, die am linken Ende der Grenzfläche zwischen dem Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 und dem im ersten Spannungsabbauabschnitt 4 ausgebildeten Verbindungssteg 11 vorhanden ist, und dem rechten Ende des ersten Spannungsabbauabschnitts 4 sind jeweils W5. Die Breite W1 des Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitts 2 ist kleiner ausgebildet als die Breite des Rückseitenelektrode-

Anschlußabschnitts 3.

Fig. 11 zeigt Solarzellen von der Rückseite her gesehen, wenn sie seriell und parallel unter Verbindung eines Verbinders 11 von Solarzellen gemäß dem in Fig. 10 dargestellten zehnten Ausführungsbeispiel verbunden sind. Unter den Verbindern 1 zum Verbinden von Solarzellen mit der in Fig. 11 dargestellten Form werden diejenigen, die nur an zwei Solarzellen 7 angeschlossen sind, zum Verbinden von Solarzellen 7 lediglich in serieller Richtung verwendet, während diejenigen, die an drei Solarzellen 7 angeschlossen sind, dazu verwendet werden, sowohl eine serielle als auch eine parallele Verbindung herzustellen. Bei einem Verbinder 1, der für Verbindung sowohl in serieller als auch paralleler Richtung verwendet wird, ist der Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 mit einer Vorderseitenelektrode einer Solarzelle 7 verbunden, ein Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 3 ist mit der Rückseitenelektrode einer anderen Solarzelle 7 verbunden, und der Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 103 ist mit einer Rückseitenelektrode noch einer anderen Solarzelle 7 verbunden.

Wie oben beschrieben, ermöglicht der Verbinder 1 zum Verbinden von Solarzellen gemäß dem in Fig. 10 dargestellten zehnten Ausführungsbeispiel der Erfindung, der im wesentlichen dieselbe Kontur wie der Verbinder 1 des in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiels zeigt, Verbindungen sowohl in paralleler als auch in serieller Richtung. Daher ist es nicht erforderlich, die Vorteile des Verbinders 1 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zu opfern und einen getrennten Verbinder zu verwenden, selbst wenn in serieller Richtung miteinander verbundene Solarzellen weiter in paralleler Richtung miteinander zu verbinden sind. Daher ist es nicht erforderlich, die Anzahl von Teilen eines Solarpaddels zu erhöhen. Da ein Spannungsabbauabschnitt 104 zum Auffangen einer Verschiebung zwischen parallel verbundenen Solarzellen sowie ein Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitt 103 für Parallelverbindung vorhanden sind, ist die Breite W4 des gesamten Verbinders 1 nicht stark gegenüber derjenigen des in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiels erhöht. Daher ist die Handhabung einfach und die Kosten für den Zusammenbau sind nicht erhöht. Ferner können Verschiebungen, wie sie zwischen in serieller und paralleler Richtung verbundenen Solarzellen erzeugt werden, wenn die Zellen z. B. im Weltraum verwendet werden, durch die zwei Spannungsabbauabschnitte 4 und 104 aufgefangen werden. Daher ist, selbst wenn sie als Solarzellen für einen künstlichen Satelliten verwendet werden, ihre Zuverlässigkeit hinsichtlich der Lebensdauer des Verbinders in bezug auf Ermüdungserscheinungen genau so groß wie bei dem in Fig. 13 dargestellten hergestellten Verbinder.

Abänderungen des Verbinders gemäß dem in Fig. 10 dargestellten Ausführungsbeispiel werden unter Bezugnahme auf die Fig. 12A und 12B beschrieben. Der in Fig. 12A dargestellte Verbinder 1 entspricht dem in Fig. 10 dargestellten Verbinder 1, wobei der Vorderseitenelektrode-Anschlußabschnitt 2 im Bereich direkt oberhalb des Schlitzes 6 des Spannungsabbauabschnitts 4 entfernt ist. Beim Verbinder 1 gemäß dem in Fig. 12B dargestellten zwölften Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die obere Hälfte desselben im Vergleich zum elften Ausführungsbeispiel von Fig. 12A weiter verändert. Die Veränderung des zehnten Ausführungsbeispiels bis zum zwölften Ausführungsbeispiel entspricht ungefähr derjenigen des ersten Ausführungsbeispiels bis zu dem in Fig. 5A dargestellten siebten Ausführungsbeispiel, und der Verbinder 1 des zwölften Ausführungsbeispiels ist mit Solarzellen 7 verbunden, wie in Fig. 19 dargestellt. Die Form des in Fig. 12B dargestellten Verbinders 1 ist kompliziert, jedoch weist sie die Vorteile auf, daß sie zum Verbinden von Solarzellen sowohl in serieller als auch in paralleler Richtung verwendet werden kann und daß sie keine Schlitze aufweist, die sich in Endabschnitten der Solarzellen leicht verfängen könnten.

Die Verbinders 1 gemäß dem elften und zwölften Ausführungsbeispiel, wie sie in den Fig. 12A bzw. 12B dargestellt sind, sind dem Verbinder des zehnten Ausführungsbeispiels dahingehend überlegen, daß ihr Gewicht verringert ist. Jedoch ist die Fläche des Rückseitenelektrode-Anschlußabschnitts 3 etwas verringert, die ebene Form ist schmal und es liegen komplizierte Biegungen vor. Daher kann die Handhabungseinfachheit etwas schlechter sein als diejenige beim Verbinder 1 gemäß dem zehnten Ausführungsbeispiel.

Die Verbinders gemäß den vorstehend beschriebenen verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung sollen Spannungen auffangen, wie sie aufgrund großer Temperaturänderungen insbesondere im Weltraum bei Verformung des ebenen Spannungsabbauabschnitts auftreten, und sie sollen die elektrische Verbindung zwischen Solarzellen gewährleisten. Daher sind die Verbinders z. B. Türscharnieren, Beschlagteilen zum Öffnen/Schließen von Türen, flexiblen Rohren zum Verbinden von Rohren usw. ähnlich, jedoch nur dahingehend, daß es sich immer um Verbindungsteile handelt. Die Aufgaben und Funktionen der erfindungsgemäßen Verbinders unterscheiden sich grundsätzlich ziemlich von denjenigen der eben angegebenen.

Patentansprüche

1. Verbinder in Form einer Metallplatte zum elektrischen Verbinden elektronischer Bauelemente in serieller Richtung oder in paralleler, zur seriellen Richtung rechtwinkliger Richtung, mit:
 - einem ersten Anschlußabschnitt (2), der mit einer Vorderseitenelektrode eines ersten elektronischen Bauelements verbindbar ist;
 - einem zweiten Anschlußabschnitt (3), der mit der Rückseitenelektrode eines zweiten elektronischen Bauelements verbindbar ist, das in serieller Richtung neben dem ersten elektronischen Bauelement liegt; und
 - einem ersten Spannungsabbauabschnitt (4) zum Auffangen einer Verschiebung, wie sie zwischen dem ersten Anschlußabschnitt (2) und dem zweiten Anschlußabschnitt (3) hervorgerufen wird; dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des ersten Anschlußabschnitts (2) in der parallelen Richtung kleiner ausgebildet ist als die Breite des ersten Spannungsabbauabschnitts (4) in der parallelen Richtung.
2. Verbinder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des ersten Anschlußabschnitts (2) in der parallelen Richtung ungefähr dieselbe ist wie diejenige des zweiten Anschlußabschnitts (3) in der

parallelen Richtung.

3. Verbinder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des ersten Anschlußabschnitts (2) in der parallelen Richtung klein r als die Breite des zweiten Anschlußabschnitts (3) in der parallelen Richtung ist.

4. Verbinder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Spannungsabbauabschnitt (4) einen schmalen Abschnitt (11) aufweist, der sich von einem Bereich nahe einer mit dem ersten Anschlußabschnitt (2) zusammenhängenden Seite bis in einen Bereich nahe dem anderen, mit dem zweiten Anschlußabschnitt (3) zusammenhängenden Ende unter einem vorgegebenen Neigungswinkel zur parallelen Richtung erstreckt.

5. Verbinder nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des ersten Anschlußabschnitts (2) in der parallelen Richtung ungefähr dieselbe wie diejenige des schmalen Abschnitts (11) in paralleler Richtung an einer Grenzfläche zum ersten Anschlußabschnitt (2) ist.

6. Verbinder nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des ersten Anschlußabschnitts (2) in der parallelen Richtung größer ist als diejenige des schmalen Abschnitts (11) in der parallelen Richtung an der Grenzfläche zum ersten Anschlußabschnitt (2).

7. Verbinder nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des ersten Anschlußabschnitts (2) in der parallelen Richtung kleiner ist als die Breite des schmalen Bereichs (11) in der parallelen Richtung an der Grenzfläche zum ersten Anschlußabschnitt (2).

8. Verbinder nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der Enden des sich in einer Längsrichtung erstreckenden schmalen Abschnitts einen Schlitz (5, 6) bildet, der sich entlang des schmalen Abschnitts (11) erstreckt und ein offenes Ende an einer Seite des ersten Spannungsabbauabschnitts (4) aufweist.

9. Verbinder nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlitz (5, 6) eine im wesentlichen kreisförmige Kerbe (5a, 6a) mit einem Durchmesser aufweist, der größer ist als die Breite des Schlitzes an dem dem offenen Ende gegenüberliegenden Ende.

10. Verbinder nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß

— der erste Anschlußabschnitt (2) im wesentlichen dieselbe Breite wie der schmale Abschnitt (11) in paralleler Richtung an der Grenzfläche zum ersten Verbindungsabschnitt (2) aufweist; und

— von den sich in Längsrichtung des schmalen Abschnitts (11) erstreckenden Enden das Ende auf der Seite des zweiten Anschlußabschnitts (3) einen Schlitz (6) bildet, der sich entlang des schmalen Abschnitts (11) erstreckt und ein offenes Ende (6b) an demjenigen der Seitenenden des Spannungsabbauabschnitts (4) aufweist, der dem ersten Anschlußabschnitt (2) näher liegt als das andere Seitenende.

11. Verbinder nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß

— ein kontinuierlicher Grenzflächenabschnitt zwischen dem schmalen Abschnitt (11) und dem ersten Anschlußabschnitt (2) ein Seitenende des ersten Spannungsabbauabschnitts (4) als ein Ende aufweist, und er eine vorgegebene Breite aufweist, die kleiner ist als die Breite des ersten Spannungsabbauabschnitts (4);

— jeweils eine ungefähr kreisförmige Kerbe (5a, 6a) jeweils mit einem Durchmesser, der größer als die Breite des Schlitzes (6) ist, am anderen Ende des Grenzflächenabschnitts dort angebracht ist, wo der schmale Abschnitt (11) dem ersten Anschlußabschnitt (2) folgt, bzw. am geschlossenen Ende angebracht ist, das dem offenen Ende des Schlitzes (6) gegenüberliegt; und

— die Breite des ersten Anschlußabschnitts (2) in der parallelen Richtung im wesentlichen dieselbe ist wie der Abstand zwischen der Mitte der im wesentlichen kreisförmigen, am anderen Ende der Grenzfläche angebrachten Kerbe (5a), und dem einen Seitenende des ersten Spannungsabbauabschnitts (4).

12. Verbinder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

— ein dritter Verbindungsabschnitt (103) vorhanden ist, der mit einer Rückseitenelektrode eines dritten elektronischen Bauelements verbindbar ist, das neben dem zweiten elektronischen Bauelement in der parallelen Richtung liegt;

— ein zweiter Spannungsabbauabschnitt (104) zwischen dem zweiten Anschlußabschnitt (3) und dem dritten Anschlußabschnitt (103) vorhanden ist, um Verschiebungen aufzufangen, wie sie zwischen dem zweiten Anschlußabschnitt (3) und dem dritten Anschlußabschnitt (103) erzeugt werden; und

— die Breite eines Bereichs einschließlich des zweiten Anschlußbereichs (3) und des dritten Anschlußbereichs (103) in der parallelen Richtung ungefähr dieselbe ist wie die Breite des ersten Spannungsabbauabschnitts (4) in der parallelen Richtung.

13. Verbinder nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein sich unter vorgegebenem Neigungswinkel zur parallelen Richtung erstreckender erster Schlitz (6) im ersten Spannungsabbauabschnitt (4) ausgebildet ist, und ein sich im wesentlichen rechtwinklig zum ersten Schlitz (6) erstreckender zweiter Schlitz (106) im zweiten Spannungsabbauabschnitt (104) ausgebildet ist.

14. Verbinder nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und der zweite Schlitz (6, 106) jeweils ein offenes Ende (6b, 106b) und ein geschlossenes Ende aufweisen, wobei das geschlossene Ende eine im wesentlichen kreisförmige Kerbe (6a, 106a) aufweist, deren Durchmesser größer ist als die Breite jedes Schlitzes (6, 106).

15. Elektronische Baugruppe mit einem Verbinder, mit:

— einem ersten elektronischen Bauelement;

— einer am ersten elektronischen Bauelement vorhandenen Vorderseitenelektrode;

— einem zweiten elektronischen Bauelement, das in serieller Richtung neben dem ersten elektronischen Bauelement liegt;

— einer Rückseitenelektrode am zweiten elektronischen Bauelement; und

- einem Verbinder zum Verbinden der Vorderseitenelektrode des ersten elektronischen Bauelements mit der Rückseitenelektrode des zweiten elektronischen Bauelements;
dadurch gekennzeichnet, daß der Verbinder ein solcher gemäß einem der vorstehenden Ansprüche ist.
- 16. Elektronische Baugruppe nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Solarzellenanordnung ist.
- 17. Elektronische Baugruppe nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Diodenanordnung ist.
- 18. Elektronische Baugruppe nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung zwischen dem ersten Anschlußabschnitt (2) und der Vorderseitenelektrode des ersten elektronischen Bauelements sowie die Verbindung zwischen dem zweiten Anschlußabschnitt (3) und der Rückseitenelektrode des zweiten elektronischen Bauelements Schweißverbindungen sind.
- 19. Elektronische Baugruppe nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung zwischen dem ersten Anschlußabschnitt (2) und der Vorderseitenelektrode des ersten elektronischen Bauelements sowie die Verbindung zwischen dem zweiten Anschlußabschnitt (3) und der Rückseitenelektrode des zweiten elektronischen Bauelements Lötverbindungen sind.
- 20. Elektronische Baugruppe nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß
 - ein drittes elektronisches Bauelement vorhanden ist, das in paralleler Richtung neben dem zweiten elektronischen Bauelement liegt; und
 - der Verbinder (1) ein Verbinder gemäß Anspruch 12 ist, wobei dessen dritter Anschlußabschnitt (103) mit einer Rückseitenelektrode des dritten elektronischen Bauelements verbunden ist.

Hierzu 18 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

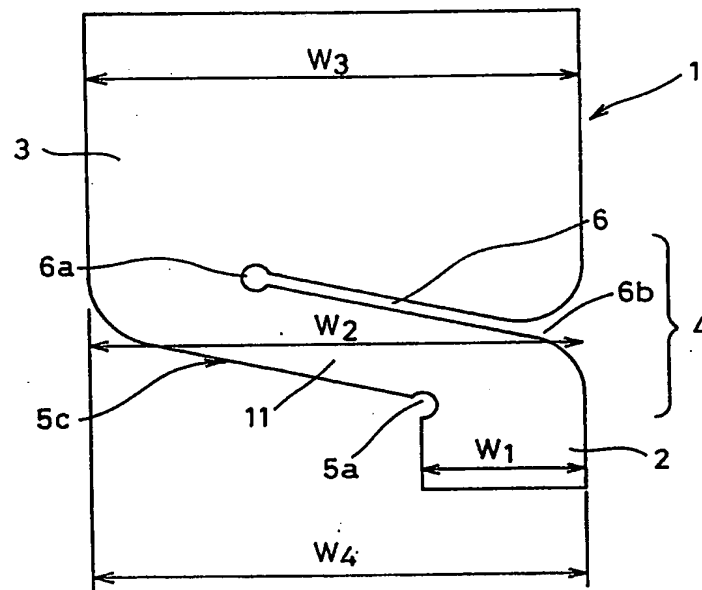


FIG. 2A

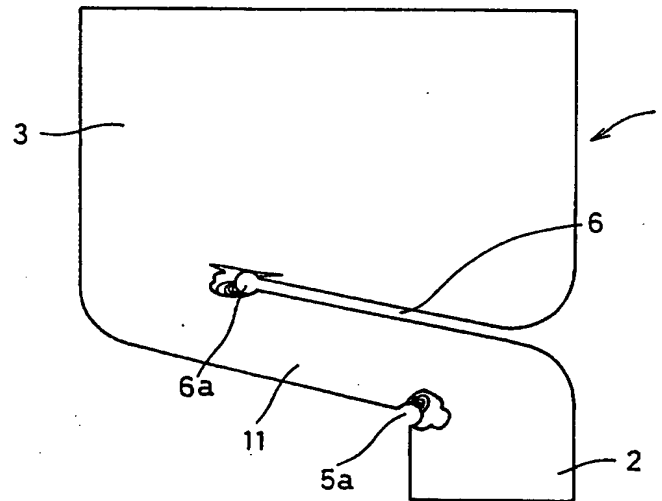
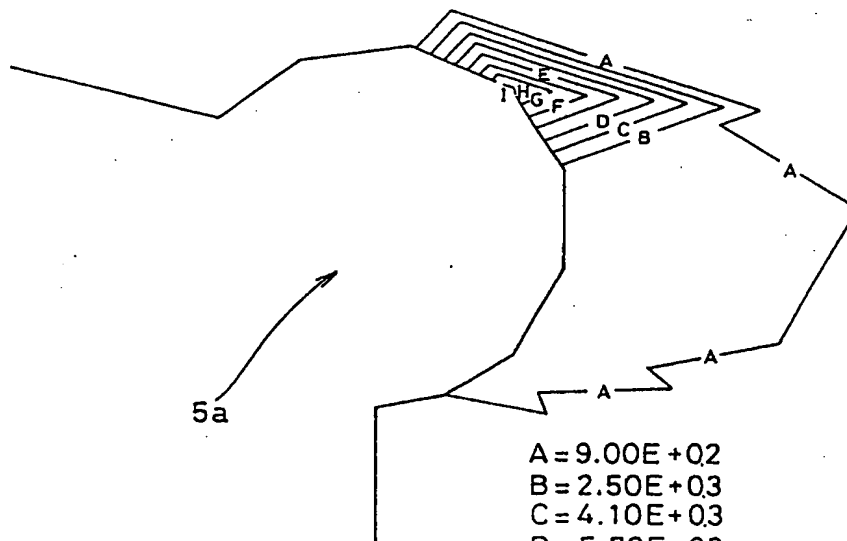


FIG. 2B



$A = 9.00E+02$
 $B = 2.50E+03$
 $C = 4.10E+03$
 $D = 5.70E+03$
 $E = 7.30E+03$
 $F = 8.90E+03$
 $G = 1.05E+04$
 $H = 1.21E+04$
 $I = 1.37E+04$
 (N/mm^2)

FIG. 3A

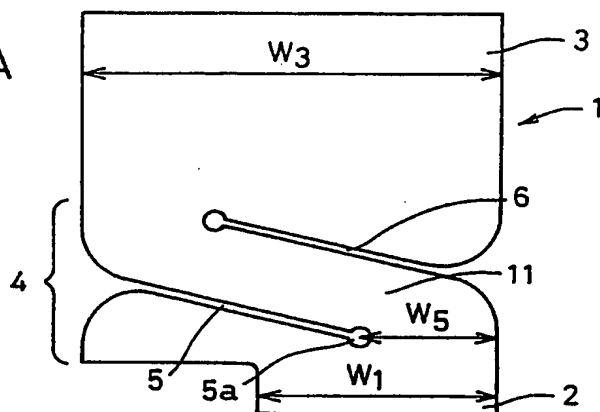


FIG. 3B

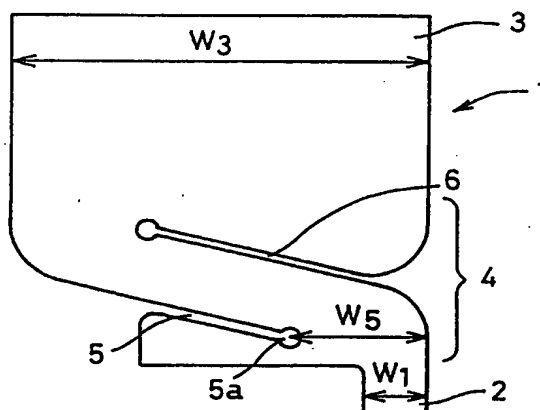


FIG. 3C

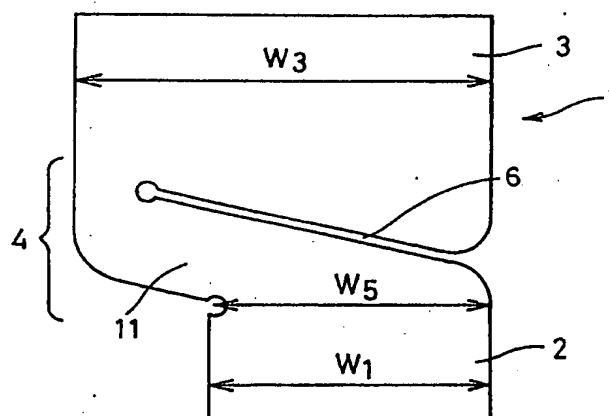


FIG. 4A

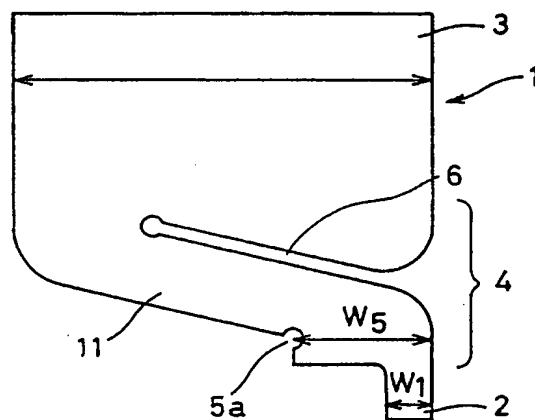


FIG. 4B

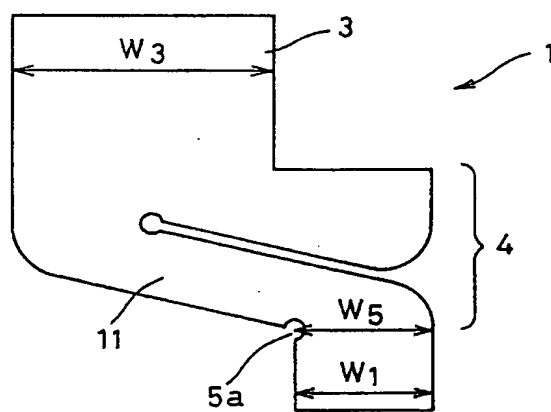


FIG. 5A

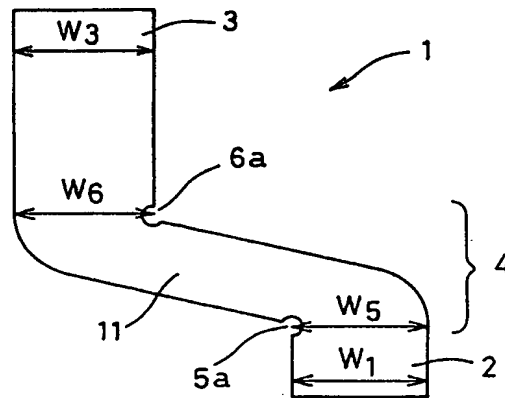


FIG. 5B

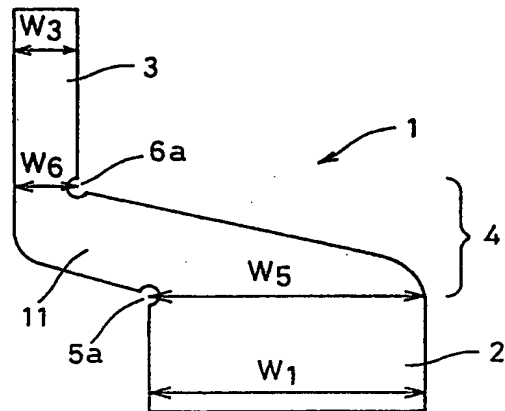


FIG. 5C

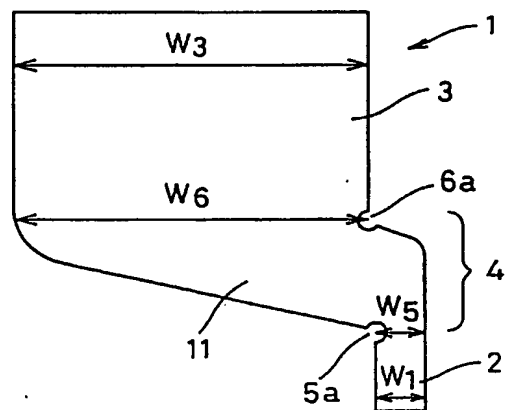


FIG. 5D

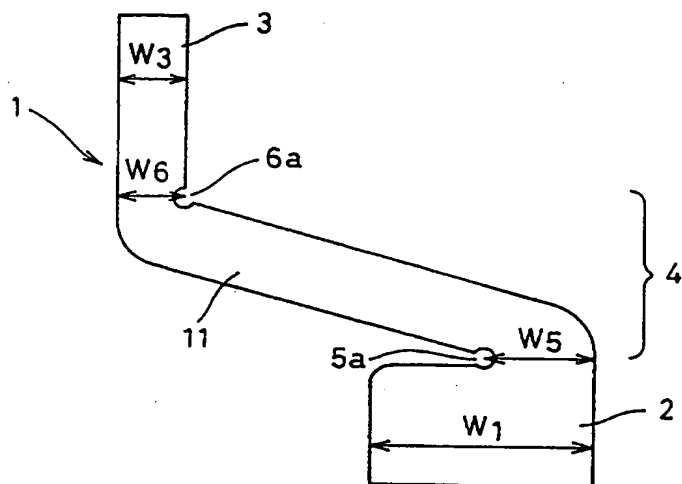


FIG. 5E

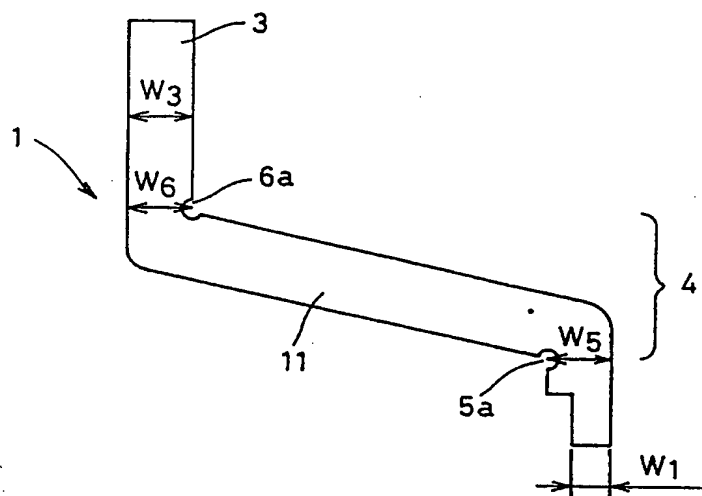


FIG. 6

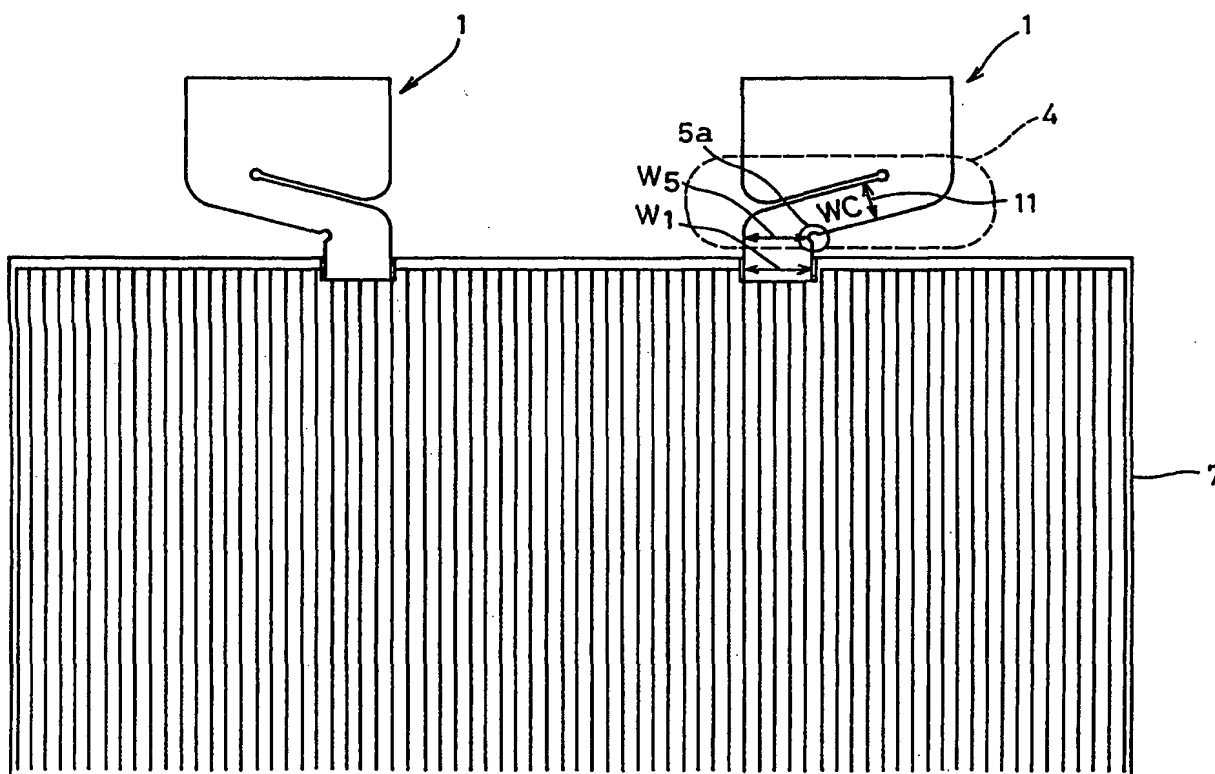


FIG. 7A

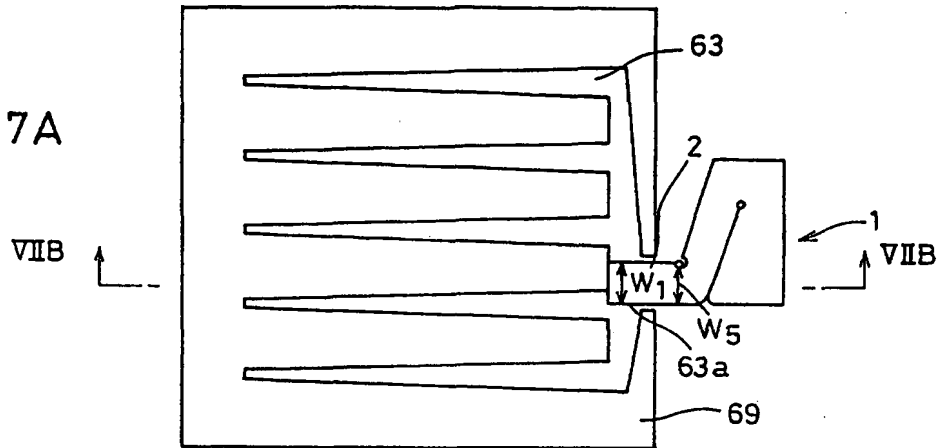


FIG. 7B

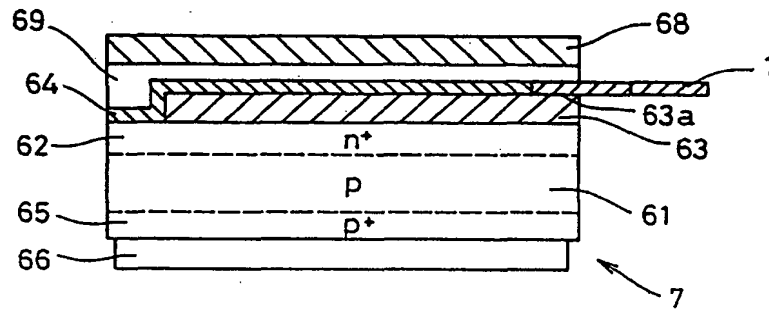


FIG. 8

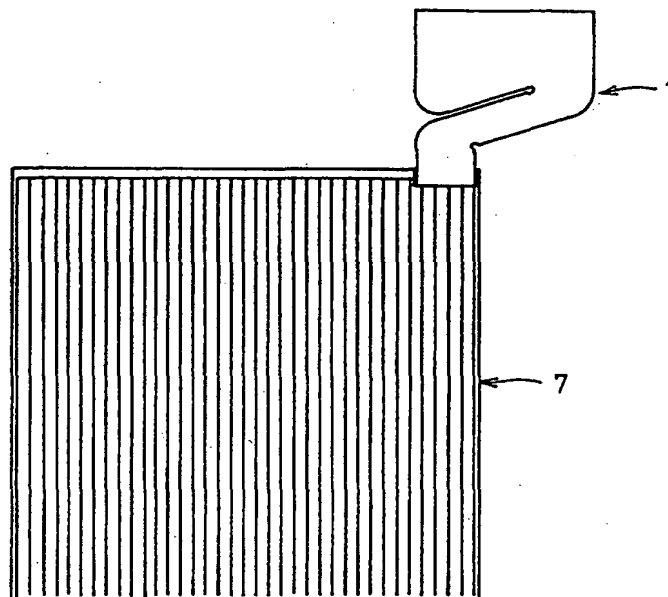


FIG. 9

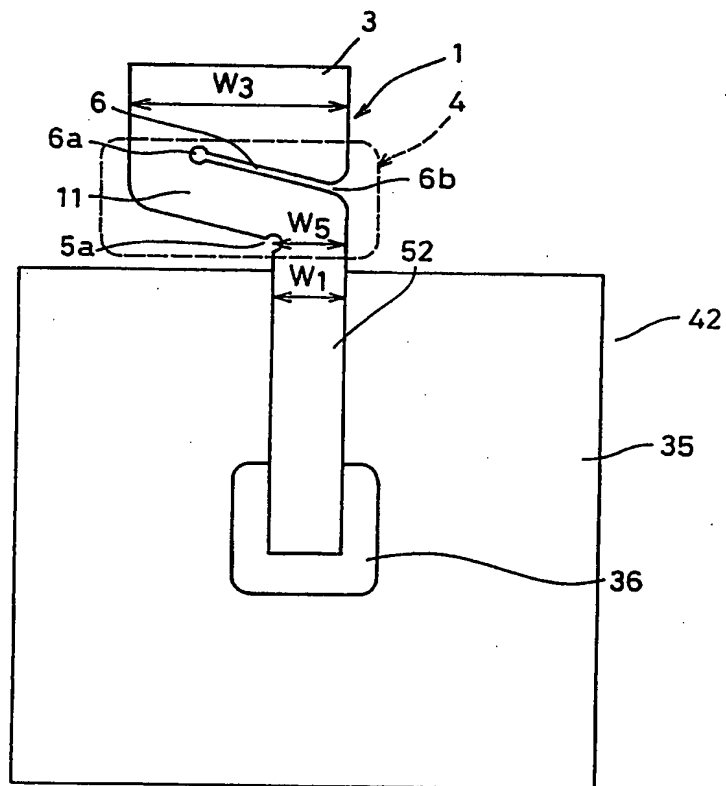


FIG. 10

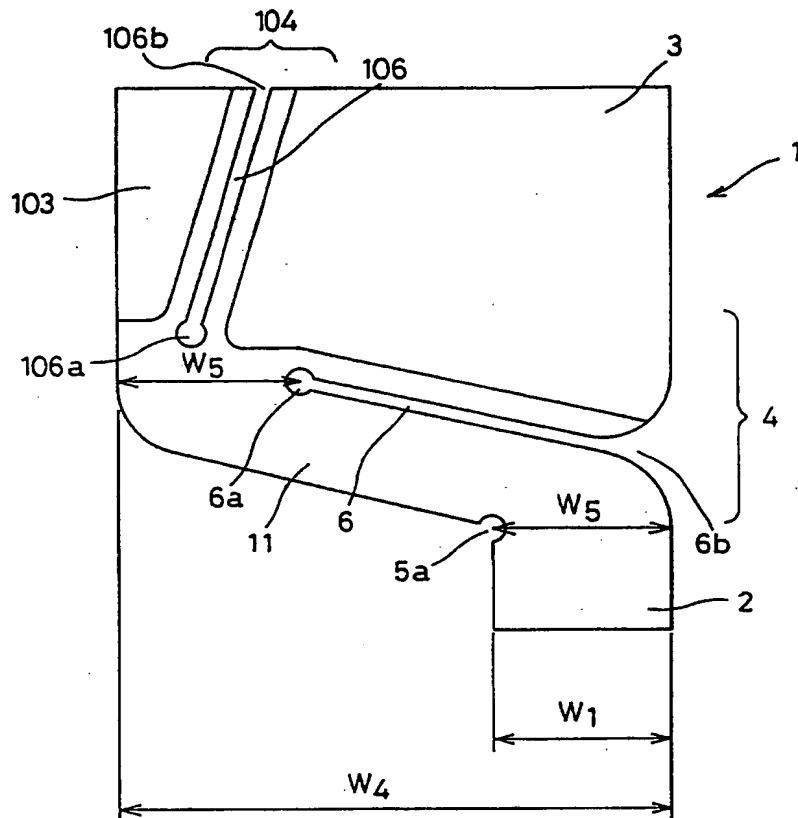


FIG. 11

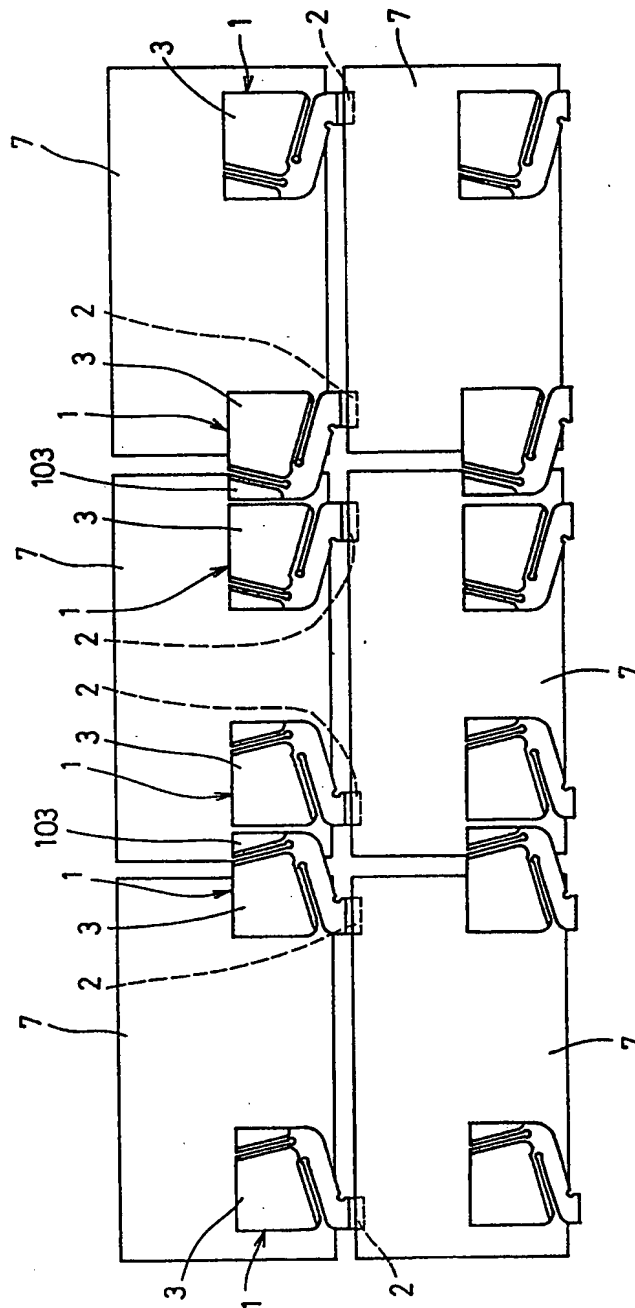


FIG. 12A

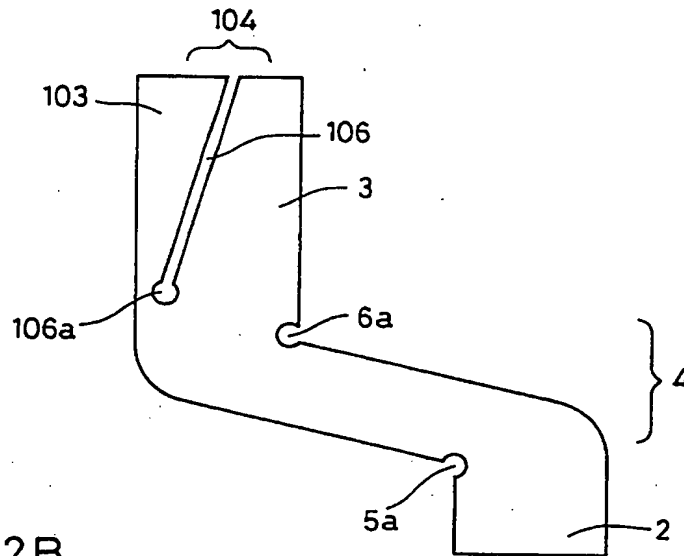


FIG. 12B

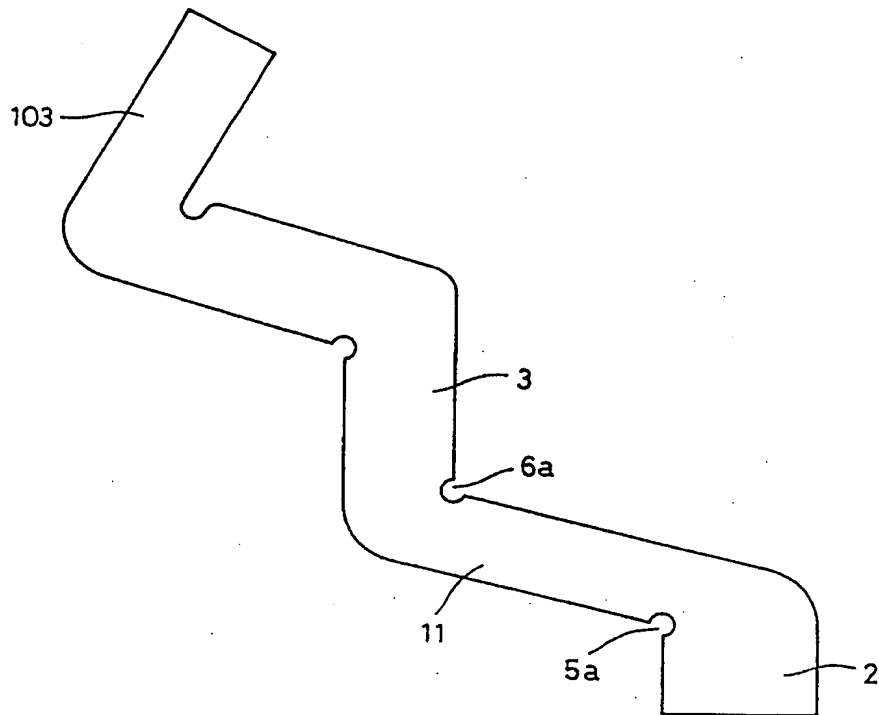


FIG. 13 STAND DER TECHNIK

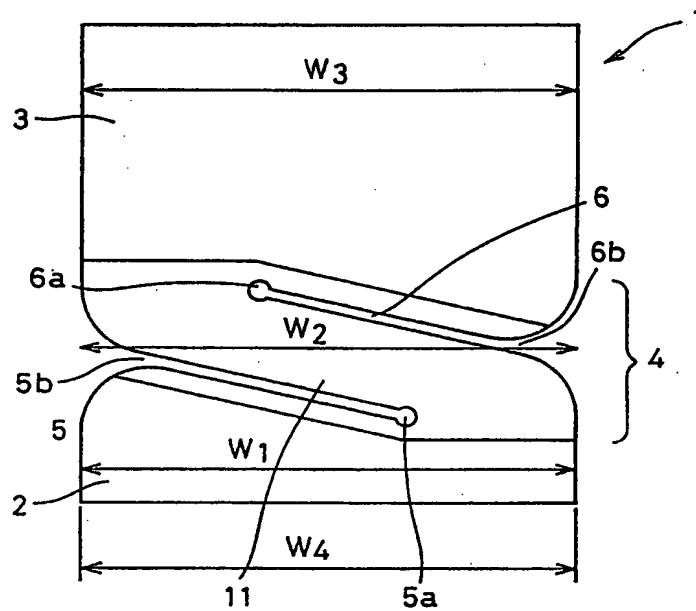


FIG. 14 A STAND DER TECHNIK

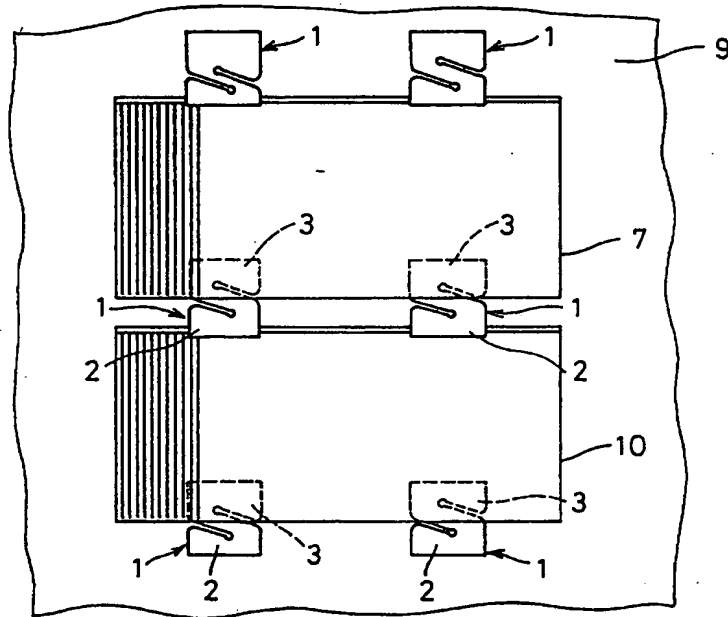


FIG. 14 B STAND DER TECHNIK

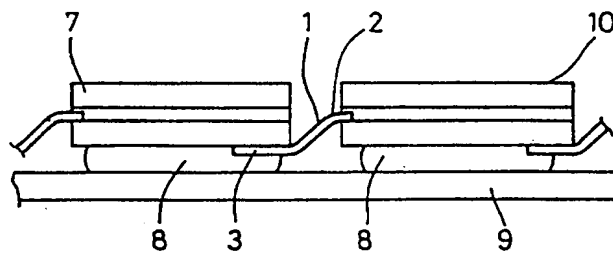


FIG. 15 STAND DER TECHNIK

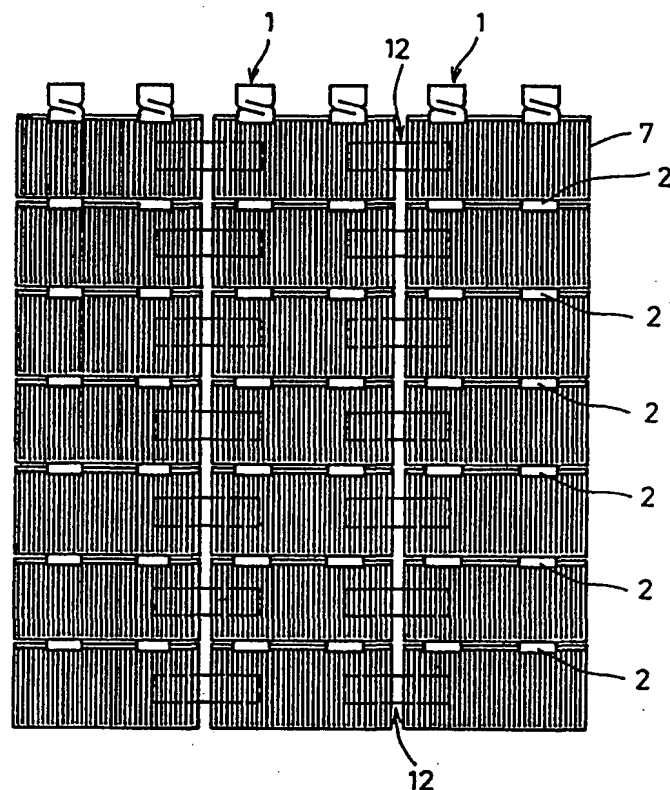


FIG. 16 STAND DER TECHNIK

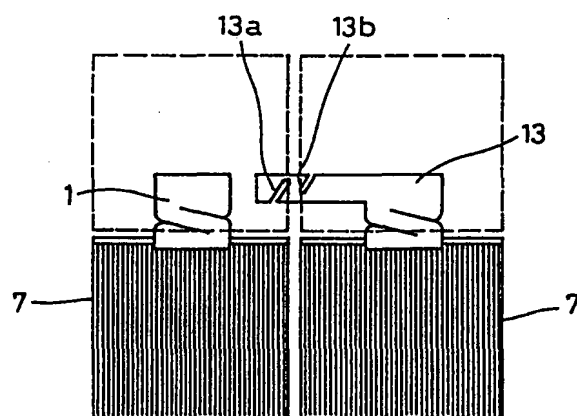


FIG. 17A STAND DER TECHNIK

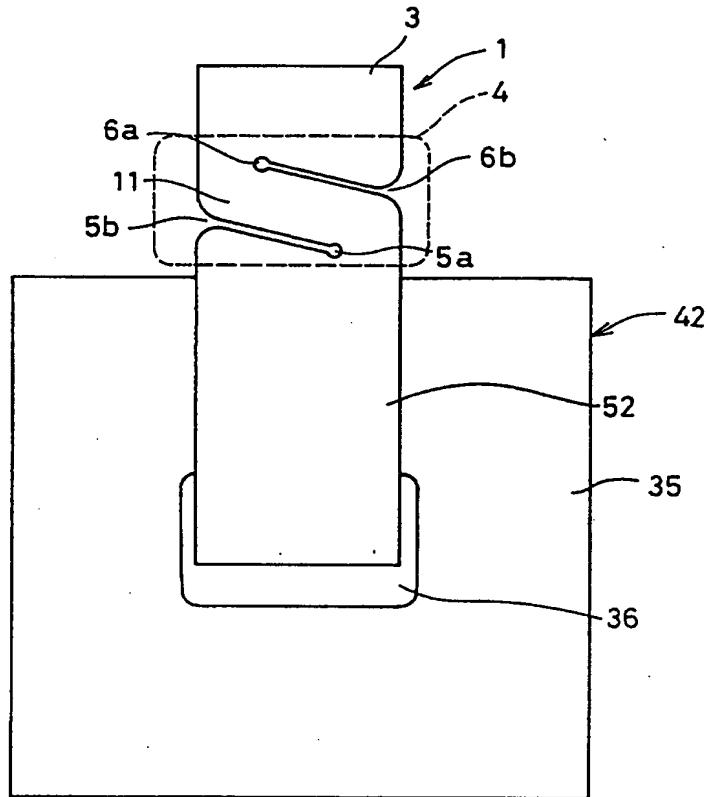


FIG. 17B STAND DER TECHNIK

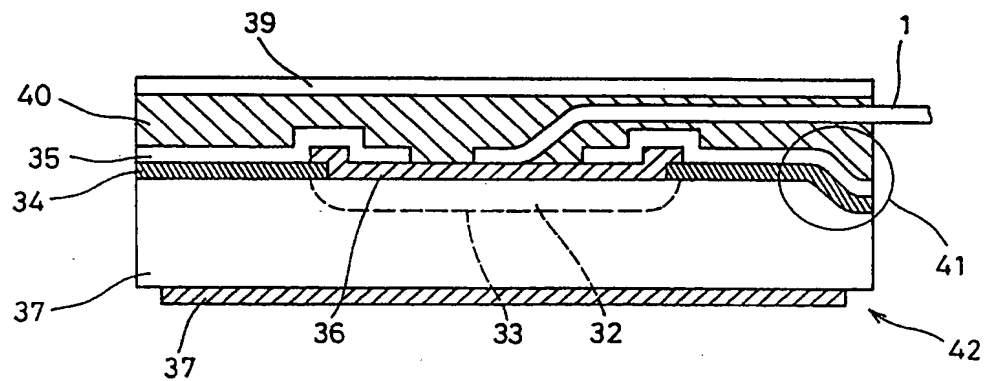


FIG. 18A STAND DER TECHNIK

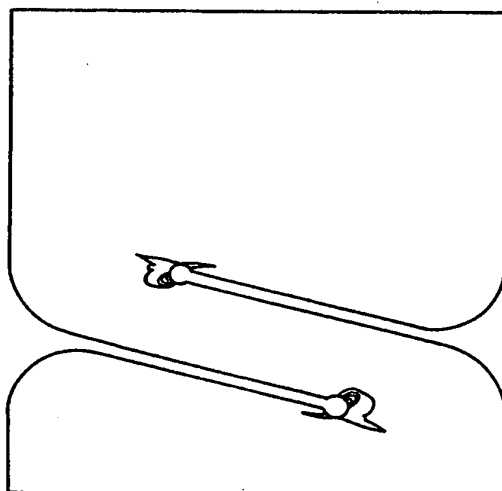


FIG. 18B STAND DER TECHNIK

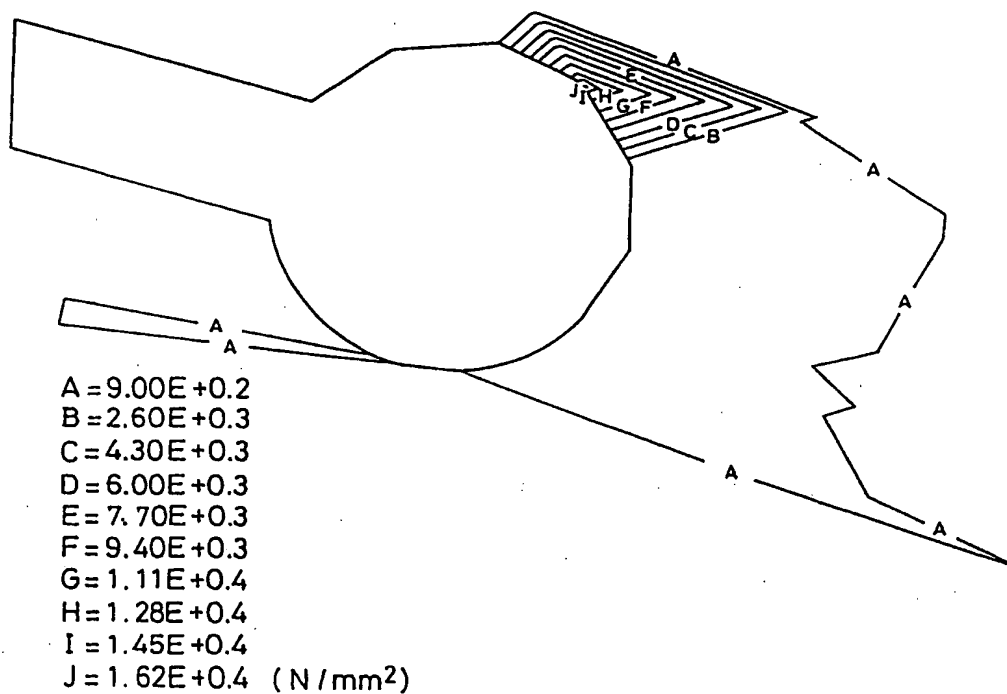


FIG. 19

